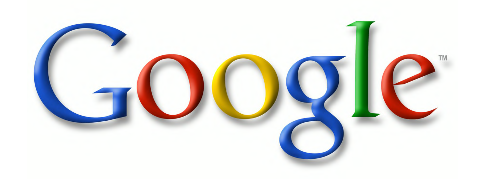

Google


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXX.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME TRENTIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16,
près la rue des Mathurins.

1825.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

De la Distillation *des Corps gras.*

Par MM. A. Bussy et L.-R. Lecanu.

Mémoire lu à l'Académie des Sciences, dans la séance du 4 juillet 1825 (1).

Les corps gras ont, à diverses époques, appelé l'attention des chimistes, et les travaux dont ils ont été l'objet sont aussi nombreux que variés. On doit à MM. Lelièvre, d'Arcet et Pelletier père, sur leur emploi dans la fabrication des savons, un Mémoire fort important auquel M. Colin a joint, dans ces dernières années, plusieurs observations pleines d'intérêt ; à M. Déyeux de nombreuses expériences sur leurs propriétés médicales et leurs applications à la préparation de divers composés

(1) L'Académie a entendu, dans la séance du 16 août, le rapport de MM. Thenard et Vauquelin, qu'elle avait chargés de l'examen de ce Mémoire ; et sur les conclusions de ses Rapporteurs, elle en a ordonné l'insertion dans le *Recueil des Savans étrangers*.

pharmaceutiques. MM. Berthollet et Sennebier se sont occupés de déterminer l'espèce d'altération qu'ils éprouvent de la part de la lumière et de l'air. M. Vogel les a suivis dans leur contact avec le phosphore, le soufre et plusieurs autres corps. Plus récemment, MM. Poutet et Rousseau ont indiqué des moyens ingénieux de reconnaître leur mélange, et M. Th. de Saussure a tiré de l'examen de leur densité, de leur dilatabilité par la chaleur, de leur solubilité dans l'alcool, des caractères d'une grande utilité pour la connaissance de leur composition et de leurs propriétés. Plusieurs autres chimistes, enfin, tels que Bindheim, M. Chaptal, M. Fremy, de Versailles, ont enrichi leur histoire d'observations plus ou moins précieuses.

Mais les corps gras ont plus particulièrement encore fixé l'attention depuis les beaux travaux de MM. Chevreul et Braconnot. C'est à leur habileté, et surtout aux belles recherches de M. Chevreul, que la science est redevable de ce que l'étude de ces corps peut offrir à la fois de plus utile et de plus intéressant.

Cet habile chimiste ne paraît cependant pas s'être occupé de nouveau de l'examen des produits qui se forment dans la distillation des huiles et des graisses, en sorte qu'on ne sait encore à cet égard que ce que nous ont appris des expériences assez incomplètes et déjà fort anciennes.

L'on sait que les corps gras, dans leur distillation, fournissent de l'eau, de l'acide acétique, de l'hydrogène carboné, de l'acide carbonique, un acide particulier découvert par M. Thenard, et pour lequel cet illustre chimiste a réservé le nom d'*acide sébacique*, long-temps

donné par Crell et Guyton de Morveau à de l'acide acétique altéré.

L'on sait encore que, dans cette expérience, il passe à la distillation une quantité considérable de matière grasse, quelquefois liquide, d'autres fois concrète; mais on ignore complètement la nature de ce produit, et l'on n'a point encore cherché à déterminer par l'expérience s'il est toujours identique dans sa composition, de manière à ne varier que par son état physique, ou bien s'il est formé du mélange de plusieurs substances différentes et variables, et ne contient pas quelqu'un des nombreux corps gras découverts par M. Chevreul.

Cette question méritait qu'on s'en occupât, et les expériences dont nous allons avoir l'honneur de rendre compte à l'Académie pourront aider à la résoudre.

Nous avons distillé un grand nombre de corps gras appartenant au règne animal et au règne végétal, du suif, de l'axonge, des huiles d'olives, de pavots, d'amandes douces et de lin, et les phénomènes observés ont toujours été sensiblement analogues.

La distillation de ces corps offre trois époques distinctes, convenablement caractérisées par la nature des produits qu'elles fournissent, et présente sous ce rapport une grande analogie avec la distillation du succin, si fidèlement décrite par MM. Robiquet et Colin.

A partir du moment où l'ébullition se détermine, il se forme, outre les produits gazeux, une quantité plus ou moins considérable d'acides oléique et margarique, dont la présence caractérise essentiellement cette première époque de la distillation.

Plus tard l'on obtient dans le récipient une huile

empyreumatique qui, vers la fin de l'expérience, ne contient plus d'acides gras.

Enfin, lorsque la matière est complètement distillée, l'on voit se sublimer, ainsi que cela se remarque également dans la distillation du succin, une matière jaune-rougeâtre, dont la production annonce la fin de l'expérience.

La proportion de ces substances et de celles qui les accompagnent, et dont nous parlerons plus bas, varie singulièrement suivant l'espèce de corps gras employé; mais leur nature est la même, et leur formation est accompagnée de phénomènes tellement analogues qu'il nous suffira de décrire en détail une distillation de ce genre.

Par exemple, qu'on chauffe l'huile de pavot dans un appareil convenable; l'huile, à la température d'environ 200°, laissera déposer, sous forme de flocons peu colorés, une matière mucilagineuse, et se décolorera complètement. Bientôt après elle entrera en ébullition, laissera dégager une certaine quantité de fluides élastiques, répandra une odeur vive et pénétrante, distillera sans se colorer, d'abord le tiers environ de son poids d'un produit liquide, mais susceptible, par le refroidissement de se prendre en masse solide de consistance molle. A cette époque, l'huile cessera de répandre l'odeur insupportable qu'elle exhalait d'abord, et si l'on change de récipient, l'on n'obtiendra plus qu'un produit encore liquide à 0° non acide. Enfin, quand l'huile, après s'être de plus en plus colorée, sera complètement distillée, que le fond de la cornue de verre commencera à rougir et ne contiendra presque plus que du charbon,

on verra se former d'abondantes vapeurs jaunes, et elles viendront se condenser dans le col de la cornue ou dans le ballon, en solide orangé, transparent, quelquefois assez semblable au réalgar natif.

Une opération bien conduite fournit pour 100 grammes d'huile, 4 à 5 litres de gaz, 1 à 2 grammes de charbon, 92 à 94 grammes de produit distillé.

Observons que si l'on arrête la distillation à l'époque où l'odeur vive et pénétrante cesse de se dégager, où l'huile empyreumatique va se produire en abondance, le résidu, tout-à-fait différent de la portion distillée, n'offre qu'une masse homogène de consistance demi-solide, de couleur brune, sans traces sensibles d'acides gras, et ne renferme point de matière charbonneuse en suspension ; car elle ne commence à se déposer que tout à la fin de l'expérience (1).

EXAMEN DES PRODUITS DE LA DISTILLATION.

Examen des gaz.

Si nous examinons maintenant les divers produits que nous nous sommes contentés d'indiquer, nous verrons que les gaz, beaucoup plus abondans au commencement qu'à la fin de l'opération, se composent d'une grande

(1) Lorsqu'on ne veut pas recueillir les produits gazeux, on peut très-aisément faire l'expérience à l'aide d'une cornue munie d'un ballon dont la tubulure renversée permet de fractionner les produits, en changeant à volonté les vases destinés à les recevoir, sans qu'il soit besoin de toucher au reste de l'appareil.

quantité de gaz inflammables, mélange d'hydrogène carboné et d'oxide de carbone, plus une certaine quantité de gaz acide carbonique, qui va toujours en diminuant, et finit par cesser de se produire lorsqu'on arrive à la fin de l'opération.

Examen du premier produit de la distillation.

Le premier produit de la distillation, solide à la température d'environ 20°, de consistance molle, de couleur jaunâtre, très-odorant, se dissout complètement dans l'alcool, rougit fortement la teinture de tournesol, se combine en grande partie à l'eau de potasse affaiblie, de manière à former un véritable savon. On peut le considérer comme un mélange d'acides acétique, sébacique, oléique, margarique, d'huile empyreumatique, d'huile volatile odorante, sans doute analogue à celle que M. Chevreul a trouvée dans les produits de la distillation de la stéarine et de l'oléine, de matière volatile odorante non acide.

Séparation de l'acide sébacique.

Ce produit, traité par l'eau distillée bouillante, fournit un liquide que rend opaque une certaine quantité de matière huileuse interposée, dont le refroidissement précipite une substance solide, blanche, quelquefois opaque, floconneuse, d'autres fois transparente et nacrée. Cette substance, séparée par le filtre, lavée à l'eau froide, est alors sans odeur sensible, se dissout aisément dans l'alcool, beaucoup plus dans l'eau bouillante que dans l'eau froide, en sorte que l'eau saturée à 100°

se prend en masse par son refroidissement. Sa dissolution aqueuse rougit fortement le papier de tournesol, précipite l'acétate de plomb, ne trouble pas l'eau de chaux, et présente ainsi les principaux caractères de l'acide sébacique. S'il varie dans son aspect, cette différence provient uniquement de quelques matières étrangères; car on peut toujours, au moyen de dissolutions et de cristallisations convenablement répétées, l'obtenir parfaitement cristallisé.

L'illustre chimiste auquel on doit la découverte de cet acide, après l'avoir rencontré dans les produits de la distillation de l'axonge et du suif, en suppose aussi l'existence dans d'autres produits analogues; mais comme il ne l'avait pas constatée par l'expérience, nous avons cru devoir le faire d'une manière précise.

Examen de la matière odorante.

Dans le traitement par l'eau, surtout lorsqu'on ne l'emploie pas à 100°, l'on dissout avec les acides acétique et sébacique une matière particulière odorante et volatile qui communique au liquide l'odeur insupportable qu'exhalent les matières grasses dans leur distillation. Cette matière n'est point de nature acide, car elle n'est point masquée par la présence des alcalis, ainsi que M. Thenard l'avait précédemment observé dans son travail sur l'acide sébacique, et nous avons de plus remarqué qu'en sur-saturant la liqueur au moyen de la baryte, la portant à l'ébullition, et recevant les vapeurs dans de l'eau ou de l'alcool, on faisait passer la matière odorante du premier liquide dans le nouveau, sans

pour cela lui communiquer la propriété de rougir le tournesol.

Séparation de l'acide margarique.

La masse demi-solide, épuisée par l'eau distillée bouillante, jusqu'à ce que les eaux de lavage aient cessé de rougir le tournesol (ce qui demande 9 à 10 traitemens), refroidie, puis exposée entre des feuilles de papier joseph à l'action graduée de la presse, a fourni une masse compacte, solide, incolore, nacrée, fusible à 57°, cristallisant par le refroidissement en larges aiguilles nacrées, brillantes et parfaitement blanches. Elle ne cédait rien à l'eau, se dissolvait rapidement dans l'alcool et l'éther, surtout à chaud, s'en précipitait presqu'en totalité par le refroidissement, leur communiquait la propriété de rougir le tournesol, et présentait ainsi tous les caractères de l'acide margarique. Des dissolutions alcooliques et des cristallisations multipliées n'élevaient pas sensiblement son terme de fusion, en sorte qu'il ne paraissait point être mélangé d'acide stéarique.

Cet acide margarique, obtenu par simple pression, conserve un peu de l'odeur piquante dont sont imprégnés les premiers produits de la distillation des corps gras; mais on finit par l'en débarrasser au moyen d'une longue exposition à l'air, ou de l'ébullition avec l'eau.

Une observation qui nous a paru digne de remarque, c'est que cette matière fondue, mise en contact avec le papier de tournesol parfaitement sec, ne le rougit nullement, et le rougit au contraire lorsqu'il a été préalablement humecté d'eau, d'alcool ou d'éther. Cet effet nous fit d'abord supposer que la matière que nous regar-

dions comme de l'acide margarique pourrait bien ne pas être acide par elle-même, et ne devait la propriété de rougir le papier de tournesol humide qu'à la présence d'un corps étranger soluble dans l'eau, probablement à de l'acide sébacique; mais nous avons été convaincus du contraire lorsque nous avons retrouvé la même propriété de ne rougir le tournesol qu'autant qu'il est humide, dans l'acide margarique extrait du savon, et que, d'une autre part, nous avons pu nous assurer que la matière solide obtenue se combine intimement, et à une température seulement suffisante pour en opérer la fusion, avec les oxides incapables de déterminer la saponification, tels que la magnésie, de manière à former un véritable margarate, sans que ses propriétés, et notamment sa fusibilité, se trouvent sensiblement modifiées.

Dans ce traitement par la magnésie, il ne se forme d'ailleurs ni glycerine ni produit analogue, en sorte qu'on ne peut supposer que le temps et la température employés à la combinaison ont pu déterminer une véritable saponification.

Examen du produit liquide séparé de l'acide margarique.

La pression à laquelle nous avions soumis, dans l'expérience précédente, le premier produit de la distillation, après avoir séparé les acides acétique et sébacique, avait fait suinter un liquide jaune odorant, soluble en grande partie dans l'alcool froid, rougissant fortement le tournesol, et laissant précipiter par un abaissement de température une partie de la matière solide qu'il retenait encore. Traité par l'eau de potasse faible, une portion

seulement s'y dissolvait, et l'autre venait nager à sa surface avec l'aspect d'une huile limpide et peu visqueuse.

Séparation de l'huile volatile.

Ce liquide, exprimé, chauffé à plusieurs reprises avec une certaine quantité d'eau dans une cornue de verre munie d'un ballon, finissait par perdre son odeur, et l'on retrouvait dans le récipient, à la surface de l'eau, une couche d'huile parfaitement limpide, sensiblement incolore, sans action sur le tournesol, incapable de s'unir à la potasse, et fort peu odorante lorsqu'elle avait été complètement lavée pour la séparer de la matière particulière odorante dont nous avons parlé plus haut.

Séparation de l'huile non acide, non volatile.

Le résidu, séparé de cette huile volatile, ne se dissolvait pas encore complètement dans l'eau de potasse. Pour séparer les deux liquides dont il paraissait formé, nous l'avons traité à froid par de l'alcool légèrement affaibli : une portion seulement s'y est dissoute.

La portion non dissoute, et qui surnageait l'alcool, n'était qu'une espèce d'huile empyreumatique non acide, non saponifiable, inattaquable même par les alcalis caustiques et concentrés.

Séparation de l'acide oléique.

Le liquide alcoolique évaporé a laissé pour résidu une huile jaunâtre, d'odeur faible, très-acide et presque complètement soluble dans l'eau de potasse. En réitérant un

certain nombre de fois le traitement par l'alcool, et l'employant de plus en plus affaibli, l'on a fini par obtenir un liquide soluble sans résidu dans l'eau de potasse faible, et jouissant de toutes les propriétés de l'acide oléique.

Le premier produit de la distillation de l'huile de pavot se compose donc, outre les substances dont on avait déjà constaté l'existence,

1°. D'acide margarique;

2°. ——— oléique;

3°. ——— sébacique;

4°. D'huile volatile légèrement odorante;

5°. D'une espèce d'huile empyreumatique fixe relativement à la précédente;

6°. D'une matière particulière volatile, très-odorante, non acide et soluble dans l'eau.

Examen du second produit de la distillation.

Le produit liquide dont la formation caractérise la seconde époque de la distillation de l'huile de pavot, et dont la quantité peut équivaloir au tiers de l'huile employée, d'abord d'un vert léger, devient bientôt brun foncé, surtout au contact de l'air; il n'excite pas, comme le premier, les larmes et la toux, mais répand une légère odeur empyreumatique qui n'a rien de l'odeur fétide de l'huile animale de Dippel. Il ne rougit ordinairement pas la teinture de tournesol, ou s'il la rougit parfois en raison d'une petite quantité d'acide acétique, on lui fait perdre cette propriété à l'aide d'un ou deux lavages; l'alcool ne le dissout qu'en très-petite proportion, même à chaud; la potasse en dissolution concentrée

ne le saponifie pas, et ne paraît nullement l'altérer. Lorsqu'on le chauffe au contact de l'air, il brûle à la manière d'une huile essentielle ; chauffé en vase clos, il se volatilise à une température peu élevée sans laisser de résidu sensible. L'huile distillée paraît analogue à la première, et contient seulement un peu d'acide acétique.

On voit que ces propriétés établissent une distinction bien tranchée entre le premier et le deuxième produit.

Examen du troisième produit de la distillation.

Le troisième produit, dont la quantité est fort peu considérable, est solide, d'un rouge orangé, transparent. Sa cassure est cireuse, son odeur et sa saveur nulles ; il se fond au-dessous de 100°, ne se dissout très-sensiblement dans l'alcool qu'à chaud, en sorte qu'il s'en précipite presque en totalité par le refroidissement. L'éther est son véritable dissolvant.

Ce produit paraît dû à la réaction des élémens de l'huile, et non à sa matière colorante ; car on le retrouve dans la distillation du suif et de l'axonge, qui ne contiennent pas de principe colorant.

Ce que nous venons de dire précédemment des produits qui se forment pendant la distillation de l'huile de pavot peut s'appliquer presque exactement aux huiles d'olives, d'amandes douces et de lin, que nous avons soumises aux mêmes épreuves ; on observera seulement

qu'avec ces huiles la quantité d'acide margarique est moins considérable qu'avec l'huile de pavot (1).

Si l'on opère sur des corps gras solides, tels que l'axonge et le suif, l'on observera encore des phénomènes et des produits analogues à ceux qui se remarquent dans la distillation des corps gras liquides à la température ordinaire; mais la partie distillée diffère de celle des huiles en ce qu'elle est beaucoup plus solide, et contient une bien plus grande quantité d'acide margarique. En effet, le suif distillé rapidement fournit de la matière solide presque jusqu'à la fin de l'opération, et l'on peut obtenir par la simple pression plus des $\frac{3}{10}$ du poids du suif employé en acide margarique fusible à 57°.

2 kilogrammes 500 grammes de suif ont donné
800 ——— d'acide margarique sensiblement pur.

Il serait très-facile d'étendre à tous les corps gras essentiellement formés d'oléine et de stéarine les observations que nous venons de présenter, et l'on trouverait sans doute qu'ils sont tous susceptibles de fournir à la distil-

(1) L'état solide qu'affecte le premier produit de la distillation des huiles a rappelé à l'un de nous, qu'étant préparateur du cours de M. Thenard, il avait vu un de ses nombreux auditeurs, que nous avons su plus tard être M. Dupuy, lui présenter, à l'issue d'une leçon, un produit de consistance à-peu-près semblable. La personne qui le présentait disait l'avoir obtenu en chauffant long-temps de l'huile de pavot à une température inférieure à celle de son ébullition; mais elle en ignorait complètement la nature et les propriétés.

lation des acides oléique et margarique : cependant il ne faudrait pas, sur la simple analogie, se hâter de conclure que tous les produits doivent être absolument identiques. Nous avons eu l'occasion d'observer que dans plusieurs circonstances il se présente des produits et des phénomènes particuliers qui, convenablement étudiés, pourront par la suite fournir de très-bons caractères pour distinguer entre eux les diverses espèces de corps gras.

Si nous cherchons maintenant à connaître les causes qui déterminent la production des acides oléique et margarique dans la distillation des huiles et des graisses, nous voyons d'abord que les corps gras saponifiables ont une grande tendance à ce genre d'altération, puisqu'il s'opère par le contact des alcalis, par celui de certains acides, et particulièrement de l'acide sulfurique; l'on conçoit donc, d'après cela, qu'une altération semblable peut avoir lieu par l'influence de la chaleur, surtout si l'on fait attention qu'elle tend toujours à transformer en produits volatils les corps soumis à son action, et que les acides oléique et margarique sont volatils par eux-mêmes, ainsi qu'il est facile de s'en assurer par l'expérience.

L'oxigène de l'air n'est pas d'ailleurs indispensable à la production de ces acides; on pouvait déjà le supposer en observant que leurs élémens existent dans les corps qui les forment presque en même proportion, et de plus, que le dégagement de gaz qui a lieu dans tout le cours de l'opération s'oppose au contact de l'air; mais, pour ne laisser aucun doute à cet égard, nous avons fait l'expérience suivante :

Nous avons introduit une certaine quantité de suif dans une cloche courbe remplie d'hydrogène, et nous l'avons chauffé de manière à le volatiliser. Il s'est dégagé une certaine quantité de fluides élastiques, et le produit qui s'est condensé à l'autre extrémité de la cloche était solide, cristallin, très-soluble dans l'alcool, enfin présentait tous les caractères de l'acide margarique.

Si l'on rapproche la distillation du succin de celle des corps gras, on remarque entre autres rapports que l'acide succinique se produit dans les mêmes circonstances que l'acide margarique. Ne pourrait-on donc pas supposer, contre l'opinion généralement admise, que l'acide succinique n'est, comme l'acide margarique, qu'un produit de l'action de la chaleur sur la substance employée à sa préparation, et n'existe réellement pas tout formé dans le succin?

Considérés sous le rapport de leur application aux arts, les résultats auxquels nous sommes parvenus offriront sans doute quelque intérêt, surtout si, comme nous le supposons, on peut modifier l'opération de la distillation des corps gras de manière à augmenter la quantité de produits utiles. Qui ne sent en effet l'avantage qu'il y aurait à pouvoir substituer l'acide margarique au suif pour l'éclairage ordinaire, et à remplacer, dans la fabrication des savons, les huiles qu'on emploie par les acides dans lesquels elles se transforment, ce qui permettrait au fabricant d'employer directement les alcalis carbonatés, et lui éviterait ainsi l'une des opérations les plus longues de son art? Sans doute il reste beaucoup à faire pour obtenir économiquement ce résultat; mais lorsqu'on est témoin des difficultés que notre in-

dustrie manufacturière surmonte tous les jours, il est permis de penser qu'elle y parviendra.

Nous espérons que ces considérations pourront excuser, aux yeux de l'Académie, les détails dans lesquels nous avons cru devoir entrer.

Note *sur l'Existence du persulfate de fer anhydre dans le résidu de la concentration de l'acide sulfurique du commerce, et sur la réaction de l'acide sulfurique et des sulfates de fer.*

Par MM. A. Bussy et L.-R. Lecanu.

L'on a jusqu'à ce jour considéré comme du sulfate de plomb le dépôt qui se forme dans les vases où les fabricans d'acide sulfurique opèrent la concentration de leur acide. Telle n'est cependant pas sa composition, ainsi que nous avons pu nous en assurer par l'examen de plusieurs de ces dépôts provenant de diverses fabriques; nous les avons trouvés presqu'entièrement formés de persulfate de fer anhydre, mêlé parfois à quelque peu de silice.

Cette observation nous fit naître le désir de tenter quelques expériences sur l'action réciproque de l'acide sulfurique et des sulfates de fer : nous allons rappeler ici les principaux résultats que nous avons obtenus.

Le proto-sulfate de fer cristallisé mis en contact à la température ordinaire avec l'acide sulfurique à 66°, ne tarde point à perdre sa teinte verte; il devient parfaite-

ment blanc, et se divise sans doute par suite de la soustraction de son eau de cristallisation. En même temps l'acide acquiert une belle teinte rose qui augmente d'intensité et passe au pourpre. Le liquide, trouble d'abord, s'éclaircit, et par la décantation, l'on peut alors séparer l'acide coloré du dépôt blanchâtre qu'il surnage, et qui n'est plus que du proto-sulfate de fer anhydre. (Le proto-sulfate de fer, préalablement desséché, communique à l'acide une teinte semblable en s'y dissolvant.)

Dans cet état, la liqueur rose est une véritable dissolution de proto-sulfate de fer dans l'acide sulfurique. Lorsqu'on y ajoute une certaine quantité d'eau distillée, la teinte rose va toujours en diminuant d'intensité, et finit par disparaître complètement lorsque la densité de l'acide est suffisamment diminuée, et la liqueur n'offre plus alors que les caractères ordinaires d'une dissolution étendue de proto-sulfate de fer.

La même décoloration s'opère également au moyen de tous les corps capables de faire passer le fer au *maximum* d'oxidation, tels que les peroxides de manganèse et de plomb, et mieux encore par l'addition de quelques gouttes d'acide nitrique. Sa décoloration s'opère alors instantanément et d'une manière fort remarquable; la liqueur conserve seulement une légère opacité par l'interposition du persulfate de fer; mais une légère chaleur en opère rapidement la précipitation.

Lorsqu'on expose à l'action de la chaleur la dissolution rouge de proto-sulfate de fer dans l'acide sulfurique, le proto-sulfate passe encore à l'état de persulfate qui se dépose, et la liqueur se trouve complètement décolorée. Le persulfate qui se forme dans cette circonstance,

séparé du liquide qui le surnage et lavé ensuite au moyen de l'alcool concentré pour enlever les dernières portions d'acide interposé, était formé de

Peroxide de fer,	40;
Acide sulfurique,	60.
	100.

c'est-à-dire, de 3 atomes d'acide sulfurique pour un atome de peroxide. Ce sulfate correspond à celui que M. Thomson désigne dans son ouvrage sous le nom de *tri-persulfate de fer.*

Quoiqu'il soit soluble dans l'eau en grande proportion, il ne se laisse que très-difficilement attaquer par ce liquide, lorsqu'il a acquis un grand degré de cohésion par un long contact avec l'acide sulfurique bouillant, effet qu'on sait se produire aussi lorsqu'on dessèche fortement le proto-sulfate de fer. C'est sans doute cette propriété jointe à la couleur blanche qu'il possède, qui a fait jusqu'à ce jour considérer comme du sulfate de plomb le dépôt formé dans la concentration de l'acide sulfurique du commerce; mais on reconnaît facilement qu'il est formé par un sel de fer en le traitant par l'ammoniaque, qui le décompose aisément.

Il résulte de ce que nous venons d'exposer :

1°. Que l'acide sulfurique à 66° peut dissoudre le sulfate de fer au *minimum* en se colorant en rouge;

2°. Que la dissolution de protosulfate de fer dans l'acide sulfurique passe facilement au *maximum* par l'action de divers corps oxigénans ou de la chaleur seule;

3°. Que l'acide sulfurique concentré ne dissout nulle-

ment le sulfate de fer au *maximum*, bien qu'il se dissolve lorsqu'il est convenablement étendu d'eau.

Ces faits nous semblent expliquer d'une manière satisfaisante la formation du dépôt dont nous avons parlé, et l'absence du fer dans l'acide sulfurique du commerce. En effet, le soufre que l'on emploie à sa préparation n'ayant point été distillé contient une certaine quantité de fer à l'état de sulfure, et ce sulfure, par suite de la combustion, converti en sulfate, entraîné avec une portion de soufre par les gaz qui se forment, se dissout dans l'acide sulfurique faible, et s'en dépose par suite de sa concentration, tandis que la petite quantité de sulfate de plomb qui se forme par la réaction de l'acide sulfurique sur les vases de plomb employés à ce genre de fabrication, étant beaucoup plus soluble dans l'acide sulfurique concentré que dans l'acide faible, se trouve retenu en dissolution.

Nous terminerons en faisant observer que le dépôt de sulfate de fer provenant de la concentration de l'acide sulfurique ordinaire paraît être extrêmement propre à la préparation de l'acide sulfurique fumant, et que l'on pourrait mettre à profit l'action tout à la fois oxigénante et siccative que l'acide sulfurique exerce sur le sulfate de fer au *minimum*, pour se procurer aisément une grande quantité de persulfate de fer anhydre propre à la fabrication de l'acide sulfurique de Nordhausen.

Observations *sur quelques Sulfures.*

Par M. Gay-Lussac.

Je n'ai d'autre but, dans cette Note, que de rappeler et d'interpréter un très-petit nombre de faits qui m'ont paru rendre plus facile l'intelligence de quelques combinaisons du soufre sur lesquelles nous devons d'importantes recherches à M. Berzelius.

L'existence des sulfures formés par les métaux alcalins est connue depuis long-temps. Dans mon Mémoire sur l'Iode, *Annales de Chimie*, vol. XCI, p. 59, j'ai fait voir clairement que la baryte est réduite par l'acide hydrosulfurique, et qu'il se forme un sulfure de barium. Depuis cette première observation, les recherches de M. Vauquelin et les miennes, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. VI, p. 5 et 321, ont rendu l'existence des sulfures des métaux alcalins incontestable, et celles plus récentes de M. Berzelius et de M. Berthier, t. XX, p. 34, et t. XXII, p. 225, en ont donné une nouvelle confirmation.

Les sulfures formés par les métaux alcalins peuvent être à plusieurs atomes de soufre, et il est très-aisé de reconnaître quand ils en renferment plus d'un.

En effet, un monosulfure décomposé par les acides donne de l'acide hydrosulfurique, sans précipitation de soufre; et pour un atome de sulfure, il se décompose un atome d'eau dont l'hydrogène se combine avec le soufre et l'oxigène avec le métal.

Quand, au contraire, le sulfure contient plus d'un

atome de soufre, et qu'on le décompose par un acide; il se précipite du soufre, parce que pour un atome de métal il ne peut se décomposer qu'un atome d'eau, et qu'on ne peut obtenir qu'un atome d'acide hydrosulfurique.

Or, M. Berthier, dans son intéressant travail sur la décomposition des sulfates par le charbon, à une haute température, a prouvé qu'ils se changeaient en monosulfures; car leur poids, après leur décomposition, était justement égal à ceux réunis du métal et du soufre qu'ils renfermaient; les acides en dégageaient de l'acide hydrosulfurique, sans précipitation de soufre, et ils reproduisaient, lorsqu'ils étaient oxidés, des sulfates parfaitement neutres.

D'un autre côté, cependant, il n'est aucun chimiste qui ne sache que lorsqu'on décompose un sulfate par le charbon, à une température rouge, on obtient un sulfure dont la dissolution est plus ou moins colorée, et qui précipite abondamment du soufre par les acides, quoique le sulfure ne contienne pour un atome de métal qu'un atome de soufre.

Ce dernier résultat, comparé à celui de M. Berthier, nous force nécessairement d'admettre que les sulfures obtenus en décomposant les sulfates par le charbon à une température rouge ne sont pas des monosulfures purs; qu'ils doivent renfermer une portion de sulfure à plusieurs atomes de soufre, et que par conséquent ils doivent aussi renfermer une portion de métal combinée avec l'oxigène. Il est de toute évidence, en effet, que si le métal n'était point en partie oxidé avant l'action des

acides sur le sulfure, il ne se précipiterait point de soufre. On peut même, par la quantité de soufre précipité, conclure la quantité d'oxigène combiné avec le métal. Les proportions d'alcali, de monosulfure et de persulfure sont variables avec la température. J'ai trouvé, en décomposant du sulfate de soude par du charbon à une chaleur d'un rouge tirant au blanc, que la quantité de soufre contenue dans l'acide hydrosulfurique qui s'est dégagé lorsque le sulfure a été traité par un acide, était 5,7 fois plus grande que celle qui s'est précipitée. Dans une autre expérience avec le sulfate de potasse, et à une température plus basse, j'ai obtenu environ 4,5 au lieu de 5,7. Ce rapport doit aussi être variable selon l'affinité des métaux pour l'oxigène.

J'ai fait voir, dans mon Mémoire sur l'Acide prussique (*Annales de Chimie*, t. xcv, p. 164), que lorsqu'on chauffe un atome de potassium dans l'acide hydrosulfurique, il en décompose un atome dont il s'approprie le soufre, et qu'il se combine avec un autre atome d'acide hydrosulfurique. J'ai considéré cette combinaison comme un hydrosulfate de sulfure de potassium, et tant qu'elle reste desséchée, je ne crois pas qu'on puisse en prendre une idée différente. Elle se dissout dans l'eau sans la colorer sensiblement, et traitée par les acides, elle donne 2 atomes d'acide hydrosulfurique sans précipitation de soufre; ce qui est une conséquence de sa composition.

En dissolvant cet hydrosulfate dans l'eau, il peut arriver qu'il ne la décompose pas ou qu'il la décompose. Dans ce dernier cas, on aura un bi-hydrosulfate de potasse; car l'atome de métal décomposera un atome d'eau, et il

se produira un nouvel atome d'acide hydrosulfurique. Par l'évaporation à siccité, le composé reviendra à sa nature primitive.

Cette combinaison est précisément celle qui se forme lorsqu'on sature un alcali d'acide hydrosulfurique, et à laquelle j'avais donné le nom de *bi-hydrosulfate*, parce que j'avais reconnu qu'elle renfermait 2 atomes d'acide. (*Ann. de Ch. et de Phys.*, t. XIV, p. 363.) En ne donnant à la dissolution alcaline, à celle de potasse, par exemple, que la moitié de l'acide qu'elle peut saturer, il est possible qu'il se forme un hydrosulfate ou un sulfure simple, ou bien que l'on obtienne avec une moitié de l'alcali de l'hydrosulfate de sulfure de potassium, et que l'autre moitié reste isolée. Il serait très-difficile de déterminer au juste ce qui arrive; mais heureusement cela est tout-à-fait indifférent pour l'application.

En faisant attention à l'analogie qui existe entre l'acide carbonique et l'acide hydrosulfurique, et à la propriété qu'ils ont de se déplacer tour-à-tour de leurs combinaisons, il semblerait que la chaleur devrait dégager la moitié de l'acide des bi-hydrosulfates, comme elle dégage la moitié de celui des carbonates. Mais il n'en est point ainsi : les bi-hydrosulfates résistent à une température très-élevée sans perdre leur acide. Ce résultat me semble fortifier l'opinion que l'hydrosulfate de sulfure de potassium se dissout dans l'eau sans la décomposer, et qu'il se comporte avec ce liquide comme les chlorures et les iodures; mais on peut aussi sans inconvénient admettre qu'il la décompose.

En chauffant du carbonate de potasse dans du gaz

hydrosulfurique en excès, M. Berzelius a obtenu un composé formé d'un atome de sulfure de potassium et d'un atome d'acide hydrosulfurique. Il eût été facile de prévoir ce résultat en faisant attention que l'acide hydrosulfurique chasse l'acide carbonique quand il est en excès, et qu'il convertit la potasse en sulfure de potassium. Les circonstances sont alors les mêmes que lorsqu'on chauffe le potassium dans le gaz hydrosulfurique.

M. Thenard avait reconnu qu'en chauffant une dissolution d'hydrosulfate de potasse avec du soufre (*Ann. de Chim.*, t. LXXXIII, p. 132), il se dégage beaucoup d'acide hydrosulfurique, et M. Berzelius a prouvé qu'en prenant l'hydrosulfate de sulfure de potassium, ou, ce qui revient au même, le bi-hydrosulfate de potasse, le soufre en dégage un atome d'acide hydrosulfurique, et qu'il se dissout 4 atomes de soufre. Le composé est alors un sulfure à 5 atomes de soufre, tout-à-fait semblable à celui que l'on obtient en chauffant la potasse avec un excès de soufre; ou bien il est formé par 1 atome de potasse et 1 atome d'hydrogène réuni à 5 atomes de soufre.

En terminant cette Note, je ferai remarquer que M. Berzelius admet, page 116 de son Mémoire, que l'acide hyposulfureux peut se combiner avec une base en trois proportions différentes, et qu'il peut contenir une fois, ou deux fois, ou trois fois autant d'oxigène que la base. Mais comme on ne doit ranger au nombre des combinaisons définies que celles qu'on peut isoler d'une manière constante, et qu'on ne l'a pas fait pour toutes celles dont parle M. Berzelius, la distinction qu'il

établit ne me paraît pas encore admissible. La dernière de ces combinaisons, dans laquelle l'acide contiendrait trois fois plus d'oxigène que la base, serait évidemment acide, et jusqu'à présent on ne l'a point obtenue.

SUITE

Du Mémoire de M. AMPÈRE *sur une nouvelle Expérience électro-dynamique, sur son application à la formule qui représente l'action mutuelle de deux élémens de conducteurs voltaïques, et sur de nouvelles conséquences déduites de cette formule.*

Nous avons trouvé, dans les applications que nous venons de faire de la formule qui exprime l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de conducteurs voltaïques (*voyez* la page 400 de ce Mémoire dans le tome XXIX des *Annales*)

$$2\frac{dM}{d\theta}d\theta = -aii'(\cos\theta - \sin\theta)\left(\frac{1}{\sin^2\theta\cos^2\theta} + \frac{1}{\sin\theta\cos\theta} + 1\right)d\theta$$

pour le moment de rotation différentiel en vertu duquel un conducteur rectiligne, dont la longueur est $2a$, mobile autour de son milieu, oscille de part et d'autre de sa situation d'équilibre, quand il est soumis à l'action de deux conducteurs fixes qui ont chacun une de leurs extrémités à ce milieu, et dont la longueur est a. Dans l'instrument que j'ai imaginé pour vérifier ce résultat de ma formule, ce ne sont pas seulement ces deux conduc-

teurs qui agissent sur celui qui est mobile, mais encore la portion circulaire du circuit voltaïque qui joint les deux autres extrémités des conducteurs fixes : comme l'action qui résulte de cette portion est dirigée en sens contraire, on a un moment dont le signe est opposé à celui du moment dont nous venons d'obtenir la valeur; il doit être ajouté au premier, et, ce qui est bien remarquable, le moment total prend une forme beaucoup plus simple. En effet, en nommant M' le moment de rotation produit par cet arc, celui qu'il faut ajouter à

$$2\frac{dM}{d\theta}d\theta$$

est évidemment

$$2\frac{dM'}{d\theta}d\theta;$$

comme le rayon de l'arc s' est égal à a, on a $s'=2a\theta+C$, d'où

$$d\theta=\frac{ds'}{2a},$$

et, par conséquent,

$$2\frac{dM'}{d\theta}d\theta=4a\frac{dM'}{ds'}d\theta.$$

Mais la force tangentielle qui a lieu dans la direction de l'élément ds' étant

$$\tfrac{1}{2}ii'ds'd\frac{\cos^2\beta}{r},$$

et son moment pour faire tourner cet élément autour de son centre étant égal et de signe contraire à celui dont nous cherchons la valeur, on a

$$\frac{d^2M'}{dsds'}dsds'=-\tfrac{1}{2}aii'ds'd\frac{\cos^2\beta}{r},$$

d'où

$$\frac{dM'}{ds'}ds' = -\tfrac{1}{2}aii'\left(\frac{\cos^2\beta''}{r''} - \frac{\cos^2\beta'}{r'}\right)ds'.$$

En faisant attention qu'il faut intégrer dans le même sens relativement à la direction du courant que pour les conducteurs rectilignes fixes, on trouve

$\cos\beta' = -\cos\theta$, $r' = 2a\sin\theta$, $\cos\beta'' = \sin\theta$, $r'' = 2a\cos\theta$,

ainsi

$$\frac{dM'}{ds'} = \tfrac{1}{4}ii'\left(\frac{\cos^2\theta}{\sin\theta} - \frac{\sin^2\theta}{\cos\theta}\right) = \tfrac{1}{4}ii'(\cos\theta - \sin\theta)\left(\frac{1}{\sin\theta\cos\theta} + 1\right),$$

et

$$4a\frac{dM'}{ds'}d\theta = a\,ii'(\cos\theta - \sin\theta)\left(\frac{1}{\sin\theta\cos\theta} + 1\right)d\theta.$$

En réunissant ce moment avec celui que nous avons nommé

$$2\frac{dM}{ds'}d\theta,$$

il vient

$$-\frac{a\,ii'(\cos\theta - \sin\theta)}{\sin^2\theta\cos^2\theta}d\theta = -\frac{4a\,ii'\sqrt{2}\sin\frac{1}{2}\eta}{\cos^2\eta}d\theta,$$

parce qu'outre l'équation $\sin\theta\cos\theta = \frac{1}{2}\cos\frac{1}{2}\eta$ que nous avons déduite (page 400 de ce Mémoire) de la valeur de θ,

$$\theta = \tfrac{1}{2}\iota = \tfrac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2} - \eta\right),$$

on tire aussi de cette même valeur

$$\cos\theta - \sin\theta = \sqrt{2}\sin\tfrac{1}{2}\eta.$$

L'action qui fait osciller le conducteur mobile est donc proportionnelle au sinus du quart de l'angle com-

pris entre les directions des deux conducteurs rectilignes fixes, divisé par le carré du cosinus de la moitié du même angle; elle devient nulle avec cet angle comme cela doit être, et infinie quand ils sont dirigés suivant une même droite, parce qu'alors

$$n = \frac{\pi}{2}.$$

Dans l'instrument destiné à la mesure de ces oscillations, les deux extrémités du conducteur mobile sont aussi jointes par un conducteur formant une demi-circonférence; mais on ne doit tenir compte que de l'action exercée sur sa portion rectiligne, puisque le circuit formé des deux conducteurs rectilignes fixes, et de l'arc qui en joint les extrémités, est un circuit fermé qui ne peut agir sur la portion circulaire du conducteur mobile.

La valeur que nous venons de trouver pour le moment élémentaire

$$\frac{\mathrm{d}M'}{\mathrm{d}s'}\mathrm{d}s' = -\tfrac{1}{2}aii'\left\{\frac{\cos^2\beta''}{r} - \frac{\cos^2\beta'}{r}\right\}\mathrm{d}s'$$

exprime, en général, l'action imprimée par le petit arc $\mathrm{d}s'$ à un conducteur d'une forme quelconque pour le faire tourner autour d'un axe élevé par le centre de cet arc perpendiculairement à son plan; cette action est donc indépendante de la forme de ce conducteur, et ne dépend que de la situation de ses deux extrémités relativement au petit arc $\mathrm{d}s'$; elle est égale, comme cela doit être, au produit du rayon a par la valeur que nous avons obtenue (pag. 388 et 389 de ce Mémoire) pour la force qu'exerce sur le même conducteur mobile une petite portion égale à $\mathrm{d}s'$ d'un conducteur rectiligne dirigé

suivant cet arc ds' : lorsqu'on veut l'action d'un arc fini, il faut intégrer de nouveau par rapport à s', et cette seconde intégration donne en général un résultat différent dans les deux cas; mais ce résultat est le même quand le conducteur mobile a une de ses extrémités dans l'axe, et l'autre sur la circonférence dont l'arc s' fait partie. Le signe seul de la valeur qu'on obtient se trouve changé, parce que, dans un cas, β augmente avec s, et qu'il diminue dans l'autre; car alors l'angle β' est droit, et l'angle β'' est compris entre une corde et une tangente menée par l'extrémité, d'où il est aisé de conclure

$$r = 2a\sin\beta,\ s' = c - 2a\beta,\ ds' = -2a\,d\beta,$$

ce qui donne

$$\frac{ds'}{r} = -\frac{d\beta}{\sin\beta},$$

et pour la valeur du moment cherché

$$\tfrac{1}{2}aii'\int\frac{\cos^2\beta\,d\beta}{\sin\beta},$$

qui est précisément de la même forme que celle de la force dans le cas du conducteur rectiligne, et s'intègre précisément de même. La raison de cette analogie entre ces deux cas, d'ailleurs si différens, se trouve dans cette circonstance, que dans celui du conducteur rectiligne on avait

$$r = \frac{a}{\sin\beta},\ s = -a\cot\beta,\ ds' = \frac{a\,d\beta}{\sin^2\beta},$$

d'où l'on tire

$$\frac{ds'}{r} = \frac{d\beta}{\sin\beta},$$

qui ne diffère que par le signe de la valeur de $\frac{ds'}{r}$ dans le cas du conducteur circulaire ; ce qui doit être parce que, dans le premier, β diminue quand s' augmente, et qu'il augmente avec s' dans le second.

Considérons maintenant deux conducteurs rectilignes dont les directions forment un angle droit, mais ne soient pas situées dans un même plan, en nommant a la droite qui mesure la plus courte distance de ces directions, et en prenant les points où elles sont rencontrées par la droite a pour l'origine de s et de s', on a

$$r^2 = a^2 + s' + s'^2, \; r\frac{dr}{ds'}ds' = s'ds',$$

et

$$\cos\beta = -\frac{dr}{ds'} = -\frac{s'}{r}.$$

Mais nous avons vu (page 394 de ce Mémoire) que l'action mutuelle des deux élémens ds et ds' est en général égale à

$$\tfrac{1}{2} ii' \frac{ds'}{\cos\beta} d\frac{\cos^2\beta}{r};$$

on peut donc l'écrire ainsi

$$\tfrac{1}{2} ii' rs' ds' d\frac{1}{r^3};$$

et comme il faut multiplier cette force par $\frac{a}{r}$ pour avoir sa composante parallèle à la droite a, on trouve que la valeur de cette composante est

$$-\tfrac{1}{2} aii' s' ds' d\frac{1}{r^3},$$

en l'intégrant par rapport à s entre deux points dont les distances à l'élément ds' soient r' et r'', on a

$$-\tfrac{1}{2} a i i' s' ds' \left(\frac{1}{r''^3} - \frac{1}{r'^3} \right),$$

qu'on peut écrire ainsi

$$-\tfrac{1}{2} a i i' \left(\frac{1}{r''^2} \cdot \frac{dr''}{ds'} ds' - \frac{1}{r'^2} \cdot \frac{dr'}{ds'} ds' \right),$$

dont l'intégrale, prise pour le premier terme de $r''_{\prime}$ à $r''_{\prime\prime}$ et pour le second de $r'_{\prime}$ à $r'_{\prime\prime}$, donne

$$\tfrac{1}{2} i i' \left(\frac{a}{r''_{\prime\prime}} - \frac{a}{r''_{\prime}} - \frac{a}{r'_{\prime\prime}} + \frac{a}{r'_{\prime}} \right),$$

en sorte que l'action cherchée est précisément la même que si elle était produite par quatre forces égales à $\frac{1}{2} i i'$, dirigées suivant les droites qui joignent deux à deux les extrémités des conducteurs, deux de ces forces étant attractives et les deux autres répulsives.

Si l'on veut le moment de rotation imprimé dans le cas que nous examinons ici par un des deux conducteurs rectilignes à l'autre conducteur autour d'un axe parallèle au premier, et dont la plus courte distance à la ligne que nous avons nommé a soit représentée par b, il faudra multiplier la composante parallèle à a de l'action mutuelle des deux élémens par $s' - b$, et intégrer ensuite de la même manière : comme s' est constant dans la première intégration, il suffira de faire cette multiplication après qu'elle aura été exécutée ; on aura ainsi deux termes de même forme à intégrer de nouveau, le premier sera

$$-\tfrac{1}{2}a\,i\,i'\,\frac{s'-b}{r''^2}\cdot\frac{dr''}{ds'}\,ds',$$

et il viendra, en intégrant par partie,

$$\tfrac{1}{2}a\,i\,i'\,\frac{s'-b}{r''}-\tfrac{1}{2}a\,i\,i'\int\frac{ds'}{r''}.$$

Mais il est aisé de voir qu'en nommant c la valeur de s qui correspond à r'' et qui est une constante dans l'intégration actuelle, on a

$$r''=\frac{\sqrt{a^2+c^2}}{\sin\beta''},\quad s'=-\sqrt{a^2+c^2}\cot\beta'',\quad ds'=\frac{\sqrt{a^2+c^2}}{\sin^2\beta''}\,d\beta'',$$

ainsi

$$\int\frac{ds'}{r''}=\int\frac{d\beta''}{\sin\beta''}=l\,\frac{\tan g\,\frac{1}{2}\beta''_{\prime\prime}}{\tan g\,\frac{1}{2}\beta''_{\prime}};$$

le second terme s'intégrera de la même manière, et l'on aura enfin, pour le moment de rotation cherché,

$$\tfrac{1}{2}a\,i\,i'\left(\frac{s'_{\prime\prime}-b}{r''_{\prime\prime}}-\frac{s'_{\prime}-b}{r''_{\prime}}-\frac{s'_{\prime\prime}-b}{r'_{\prime\prime}}+\frac{s'_{\prime}-b}{r'_{\prime}}-l\,\frac{\tan g\,\frac{1}{2}\beta''_{\prime\prime}\,\tan g\,\frac{1}{2}\beta'_{\prime}}{\tan g\,\frac{1}{2}\beta''_{\prime}\,\tan g\,\frac{1}{2}\beta'_{\prime\prime}}\right).$$

Dans le cas où l'axe de rotation parallèle à la droite s passe par le point d'intersection des deux droites a et s', on a $b=0$; et si l'on suppose, en outre, que le courant qui parcourt s' part de ce point d'intersection, on aura de plus

$$s'_{\prime}=0,\quad \beta'_{\prime}=\frac{\pi}{2},\quad \beta''_{\prime}=\frac{\pi}{2},$$

en sorte que la valeur du moment de rotation se réduira à

$$\tfrac{1}{2}a\,i\,i'\left(\frac{s''_{\prime\prime}}{r''_{\prime\prime}}-\frac{s'_{\prime\prime}}{r'_{\prime\prime}}-l\,\frac{\tan g\,\frac{1}{2}\beta''_{\prime\prime}}{\tan g\,\frac{1}{2}\beta'_{\prime\prime}}\right).$$

Nous venons de voir que quand les directions des deux conducteurs rectilignes dont on cherche l'action mutuelle forment un angle droit, celle des deux élémens ds et ds' se réduit à

$$-\frac{1}{2}ii'\,rs'\,\mathrm{d}s'\,\mathrm{d}\frac{1}{r^3},$$

et qu'on a, dans le même cas,

$$r=\sqrt{a^2+s^2+s'^2}:$$

cette action élémentaire peut donc s'écrire ainsi

$$-\frac{1}{2}ii'\,s'\,\mathrm{d}s'\,\sqrt{a^2+s^2+s'^2}\,\mathrm{d}\,(a^2+s^2+s'^2)^{-\frac{3}{2}}$$
$$=\frac{3}{2}ii'\,\frac{ss'\,\mathrm{d}s\,\mathrm{d}s'}{(a^2+s^2+s'^2)^2}.$$

Comme elle agit dans la direction de la droite r, il faut, pour trouver le moment de rotation qui en résulte autour de la droite a, la multiplier par le sinus de l'angle compris entre sa direction et celle de cette droite, qui est égal à

$$\frac{\sqrt{s^2+s'^2}}{\sqrt{a^2+s^2+s'^2}},$$

et par leur plus courte distance

$$\frac{ss'}{\sqrt{s^2+s'^2}};$$

c'est-à-dire qu'il faut multiplier la force par la quantité

$$\frac{ss'}{\sqrt{a^2+s^2+s'^2}},$$

que je représenterai par q, ce qui donne

$$\frac{d^2 M}{ds\, ds'} ds\, ds' = \tfrac{3}{2} ii' \frac{s^2 s'^2\, ds\, ds'}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{5}{2}}}.$$

Cette valeur ne paraît pas d'abord facile à intégrer; mais si l'on différencie la valeur de q une fois par rapport à s, et l'autre en faisant varier s', on a

$$\frac{dq}{ds} = \frac{s'}{\sqrt{a^2+s^2+s'^2}} - \frac{s' s^2}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{a^2 s' + s'^3}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{3}{2}}},$$

$$\frac{d^2 q}{ds\, ds'} = \frac{a^2+3s'^2}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{3(a^2+s'^2)s'^2}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{5}{2}}} =$$

$$\frac{a^2}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{3s^2 s'^2}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{5}{2}}},$$

en sorte que

$$\frac{d^2 M}{ds\, ds'} ds\, ds' = \tfrac{1}{2} ii' \left[\frac{d^2 q}{ds\, ds'} ds\, ds' - \frac{a^2\, ds\, ds'}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{3}{2}}}\right];$$

la quantité

$$\frac{a^2\, ds\, ds'}{(a^2+s^2+s'^2)^{\frac{3}{2}}}$$

intégrée d'abord par rapport à s de manière que l'intégrale devienne nulle avec s, donne

$$\frac{a^2\, s\, ds'}{(a^2+s'^2)\sqrt{a^2+s^2+s'^2}},$$

qu'il reste à intégrer en ne faisant varier que s', le moyen le plus simple pour y parvenir est de faire

$$\sqrt{a^2+s^2+s'^2} = \sqrt{u} - s',$$

ce qui donne

$$s'=\frac{u-a^2-s^2}{2\sqrt{u}},\quad \frac{ds'}{\sqrt{a^2+s^2+s'^2}}=\frac{du}{2u},$$

$$a^2+s'^2=\frac{(u-a^2-s^2)^2+4a^2u}{4u}=\frac{(u+a^2-s^2)^2+4a^2s^2}{4u},$$

et change la quantité à intégrer en

$$\frac{\frac{a\,du}{2as}}{1+\frac{(u+a^2-s^2)^2}{4a^2s^2}},$$

dont l'intégrale, prise de manière qu'elle s'évanouisse quand $s'=0$, est

$$a\left\{\text{arc tang}\frac{(s'+\sqrt{a^2+s^2+s'^2})^2+a^2-s^2}{2as}-\text{arc tang}\frac{a}{s}\right\},$$

qui se réduit, en exécutant les opérations indiquées et en calculant par la formule connue la tangente de la différence des deux arcs, à

$$a\,\text{arc tang}\frac{ss'}{a\sqrt{a^2+s^2+s'^2}}=a\,\text{arc tang}\frac{q}{a}.$$

On a donc pour la valeur du moment M de rotation, dans le cas où les deux courans électriques, dont les longueurs sont s et s', partent des points où leurs directions rencontrent la droite qui en mesure la plus courte distance,

$$M=\tfrac{1}{2}ii'\left(q-a\,\text{arc tang}\frac{q}{a}\right),$$

quand $a=0$, on a évidemment $M=\frac{1}{2}ii'q$, ce qui s'accorde avec la valeur $M=\frac{1}{2}ii'p$ que nous avons déjà trouvée (page 396), parce qu'alors q devient la perpendiculaire qui était alors désignée par p. Si l'on

suppose a infini, M devient nul, comme cela doit être, à cause que dans ce cas a arc tang $\frac{q}{a} = q$.

Si l'on nomme z l'angle dont la tangente est

$$\frac{ss'}{a\sqrt{a^2+s^2+s'^2}},$$

on aura

$$M = \frac{1}{2} ii' q \left(1 - \frac{z}{\text{tang } z}\right);$$

c'est la valeur du moment de rotation qui serait produit par une force égale à

$$\frac{1}{2} ii' \left(1 - \frac{z}{\text{tang } z}\right),$$

agissant suivant la droite qui joint les deux extrémités des conducteurs opposées à celles où ils sont rencontrés par la droite qui en mesure la plus courte distance.

Il est, au reste, aisé de voir que si, au lieu de supposer que les deux courans partent du point où ils rencontrent la droite, on avait fait le calcul pour des limites quelconques, on aurait trouvé une valeur de M composée de quatre termes de la forme de celui que nous avons obtenu dans ce cas particulier, deux de ces termes étant positifs et les deux autres négatifs.

En combinant le dernier résultat que nous venons d'obtenir avec celui que nous avions trouvé immédiatement auparavant, il est aisé de calculer le moment de rotation résultant de l'action d'un conducteur ayant pour forme le périmètre d'un rectangle et agissant sur un conducteur mobile autour d'un des côtés du rectangle, lorsque la direction de ce conducteur est perpendicu-

laire au plan du rectangle, quelle que soit d'ailleurs sa distance aux autres côtés du rectangle et les dimensions de celui-ci. En déterminant par l'expérience l'instant où le conducteur mobile est en équilibre entre les actions opposées de deux rectangles situés dans le même plan, mais de grandeurs différentes et à des distances différentes du conducteur mobile, on a un moyen bien simple de se procurer des vérifications de ma formule susceptibles d'une grande précision : c'est ce qu'on peut faire aisément avec l'instrument dont j'ai parlé plus haut, en modifiant convenablement les conducteurs fixes qui en font partie.

On peut faire les mêmes calculs pour une valeur quelconque de l'angle des directions des deux conducteurs rectilignes : en nommant cet angle ε, on a

$$r = \sqrt{a^2 + s^2 + s'^2 - 2ss'\cos\varepsilon},$$

et en représentant toujours par q la quantité $\frac{ss'}{r}$, on trouve que la force parallèle à la droite a est égale à

$$\tfrac{1}{2} ii' \left(\frac{a}{r} + a\cos\varepsilon \int\!\!\int \frac{ds\,ds'}{r^3} \right).$$

Le moment de rotation autour de la droite a est alors égal à

$$\tfrac{1}{2} ii' \left(q\sin\varepsilon - r\cot\varepsilon - \frac{a^2}{\sin\varepsilon} \int\!\!\int \frac{ds\,ds'}{r^3} \right).$$

Quant à l'intégrale qui entre dans ces expressions

$$\int\!\!\int \frac{ds\,ds'}{r^3} = \int \frac{(s - s'\cos\varepsilon)\,ds'}{(a^2 + s'^2\sin^2\varepsilon)\sqrt{a^2 + s^2 + s'^2 - 2ss'\cos\varepsilon}},$$

on peut l'obtenir par la méthode connue de l'intégration des différentielles qui renferment un radical du second ordre, et plus aisément par un procédé particulier que j'expliquerai ailleurs.

Mémoire *sur la Fermentation.*

Par M. Colin,

Professeur à l'Ecole royale militaire.

DEUXIÈME PARTIE.

La vertu fermentante se faisant surtout remarquer dans les levures de bière et de raisin, elles ont dû particulièrement fixer mon attention, comme elles avaient spécialement attiré celle de M. Thenard, et la dernière d'entre elles, celle de M. Fabroni. J'ai donc fait des essais et sur l'une et sur l'autre. Je vais commencer par ceux qui ont eu la levure de bière pour objet.

Essais sur la levure de bière.

La levure transforme l'oxigène de l'air en acide carbonique (1) et laisse en même temps dégager une quantité notable de ce dernier gaz provenant en entier de sa propre substance. C'est ce qui résulte de l'expérience suivante : j'ai placé de la levure fraîche dans une capsule nageant sur un bain de mercure, en la recouvrant d'une cloche pleine d'air atmosphérique. Cette cloche était tubulée ; elle portait à sa tubulure un tube recourbé qui était destiné à conduire l'air de ce vase dans ceux où il devait être éprouvé : ce que l'on pouvait opérer par l'immersion graduelle de la cloche dans le bain de mercure.

(1) Thenard, Mémoire sur la Fermentation.

Cet air a été essayé avant d'être employé ; il ne contenait pas sensiblement d'acide carbonique. Sept jours après, il en contenait 28,82 pour 100. L'air analysé avait l'odeur des nèfles. Le quinzième jour, il en contenait 34,94 pour 100, dont 13,94 provenaient en entier du ferment ; l'oxigène de l'air n'en ayant pu évidemment produire que 21. La matière en expérience offrait à cette époque une partie liquide ; elle avait aussi pris de l'acidité, mais elle n'était pas encore putréfiée, et pouvait encore changer le sucre en alcool avec une certaine vivacité.

En abandonnant la levure de bière à elle-même pendant trois semaines, après l'avoir roulée en boule et laissée à l'air libre, son activité en est sensiblement diminuée. Cette diminution est-elle due au contact prolongé de l'air ou à une altération intérieure de cette substance ? C'est ce qui reste à décider. Observons toutefois que c'était au centre de la boule, dont l'extérieur était d'ailleurs desséché, qu'avait été prise la levure qui faisait le sujet de cette expérience, et qu'il est peu probable que l'air y ait eu un accès. L'ensemble des phénomènes me porte à croire, au contraire, qu'il se fait dans la levure même un travail intestin dont le mouvement se communique au sucre, et ne cesse d'avoir lieu que lorsqu'elle est épuisée, soit par la matière sucrée, soit par son action sur elle-même. Ne suffit-il pas, en effet, du simple contact de l'oxigène pour mettre ainsi en mouvement la plupart des matières organiques, quand elles sont pourvues d'une humidité suffisante et d'une température convenable (1) ?

(1) Gay-Lussac, Mémoire sur l'Influence de l'oxigène dans la fermentation.

Mais, comment se fait-il que ce soit uniquement parmi celles de ces matières qui sont azotées que se trouvent les seules qui jusqu'à présent aient été reconnues capables de le communiquer au sucre? C'est là que gît réellement la difficulté, qui cesse d'en être une si l'on admet que, parmi les matières organiques, celles qui sont azotées, étant beaucoup plus altérables spontanément que les autres, elles sont par conséquent beaucoup plus capables de communiquer au sucre ce mouvement moléculaire. C'est, en effet, ce qui se passe : la levure s'altère avec une extrême facilité; il en est à-peu-près de même de la matière colorante du sang, viennent ensuite la gliadine, l'urine, le fromage, le zimôme, la fibrine et l'osmazôme, qui sont de moins en moins susceptibles d'une décomposition spontanée, et qui en même temps sont de moins en moins aptes à convertir le sucre en alcool. On peut objecter, il est vrai, que si beaucoup de substances organiques ne renferment pas d'azote, elles finissent néanmoins par éprouver une décomposition spontanée; j'ajouterai même que je n'ai pu obtenir d'alcool en mêlant au sucre une matière végétale non azotée; cependant, comme il s'y produit enfin de l'aigreur, il est permis de croire qu'il se forme aussi de l'alcool dans cette circonstance, et qu'il se transforme immédiatement en vinaigre en raison de l'extrême lenteur de sa production.

En multipliant le contact de la levure, au moyen du porphyre ou du pilon, avec l'air gazeux et celui que l'eau a dissous, son effet sur le sucre s'en trouve retardé de deux jours, mais ne s'en opère pas moins ensuite avec énergie, la trituration eût-elle été de quarante-huit

heures pour une vingtaine de grammes. Or, ce n'est pas le mouvement imprimé à la levure qui a pu être la cause de ce retard, comme on peut le faire voir en broyant pendant quelque temps, avec le sucre et l'eau, de la levure de bière. Ce n'est pas non plus l'oxigénation du ferment éprouvé; car si le ferment oxigéné était impropre à la fermentation, celui dont il s'agit, ayant été brassé si long-temps avec de l'air gazeux et avec celui que l'eau a dissous, n'eût plus rien produit sur le sucre, et le contraire est arrivé. Ce n'est pas le vinaigre ou l'alcool évaporé, puisque nous verrons que leur présence est plutôt nuisible qu'utile. Ce n'est pas enfin par l'évaporation du ferment, car le ferment n'est pas volatil; mais c'est bien plutôt parce que celles de ces parties entre lesquelles s'opérait un mouvement spontané ont été détruites par l'action de l'air, et que le mouvement qu'elles entretenaient s'est trouvé par là suspendu jusqu'à ce qu'une nouvelle altération lui ait rendu son activité.

Cette substance produit la fermentation alcoolique sans le secours de l'air ou de l'oxigène : cependant la chaleur de l'eau bouillante retarde cette action, diminue son intensité, et rend nécessaire, au moins dans le principe, le concours de l'un ou de l'autre.

Si d'ailleurs on filtre le mélange d'eau, de levure et de sucre, la fermentation en est un peu retardée et donne un produit un peu inférieur.

C'est donc principalement en raffermissant les parties insolubles de la levure, c'est-à-dire, en favorisant leur force de cohésion, et surtout en faisant cesser par ce moyen la suspension de ses principes insolubles, que l'ébullition retarde, ralentit le fermentation et la rend

même incomplète pendant plusieurs mois. C'est ainsi que dans une eau trouble, qu'on avait beaucoup de peine à clarifier par dépôt, la limpidité s'établit aisément quand elle a subi la chaleur de l'ébullition. Ce phénomène est du même ordre que celui des gouttelettes qui mouillent moins la surface d'un vase, et par conséquent y glissent mieux à mesure qu'on l'échauffe; que celui de la goutte d'eau dont la sphéricité se maintient sur un fer incandescent et non sur un fer moins échauffé; et enfin que celui de la chaux se précipitant de sa dissolution aqueuse quand on la soumet à l'action du feu, ou que celui de l'alumine qu'une élévation de température précipite aussi en grande partie de son acétate (1).

J'ai constaté que l'oxigène n'était point nécessaire à l'action de la levure, en prenant de l'eau bouillie que j'avais fait refroidir hors du contact de l'air, et que j'ai versée sur de la levure de bière avec laquelle je l'ai mêlée. Ce mélange étant recouvert d'huile pour plus de sûreté, a été tenu en ébullition au moyen du vide et au-dessous de 50° centigrades, pendant une heure et plus. Cependant la fermentation s'y est établie de suite hors du contact de l'air, lorsque je me suis servi d'une dissolution de sucre, portée à l'ébullition pour la verser presque bouillante sur l'émulsion de levure, et achever de remplir le vase qui la contenait. Il est peut-être superflu d'ajouter que j'ai adapté sur-le-champ à celui-ci un tube rempli d'eau privée d'air, que j'ai fait plonger dans un bain d'eau bouillie.

---

(1) Cette propriété de l'alumine a été observée par M. Gay-Lussac.

La levure, même à la température de 100 degrés, ne dégage point d'hydrogène de l'eau, et fournit une petite quantité d'acide carbonique qui n'excède pas le volume de la levure employée. Elle peut encore servir à la fermentation après avoir été chauffée au bain-marie jusqu'à siccité. Cette distillation en sépare grossièrement deux parties superposées, dont l'une est plus active que l'autre ; je veux dire la partie soluble et celle qui ne l'est point. Le produit qui en a été isolé de cette manière, étant ajouté à l'une et à l'autre, retarde leur action et la rend incomplète.

Il suit de là qu'en supposant de l'albumine végétale dans la levure, elle a dû être complètement coagulée par cette réduction à siccité ; que ce n'est pas elle qui a pu donner à l'alcool obtenu dans ces dernières expériences 19 et même 21° Cartier à la température de 20 à 21° centésimaux (1), puisque, dans les mêmes circonstances, l'alcool obtenu par l'albumine coagulée n'a jamais passé 12° ; que l'albumine glaireuse elle-même n'a jamais pu donner ainsi un alcool à 17°, et que d'ailleurs avec ces dernières la marche de la fermentation eût été toute autre. Ajoutons à cela que par cette distillation au bain-marie, non-seulement l'alcool contenu dans la levure, mais encore le vinaigre qu'elle contenait l'ont quittée : or, puisque tout dissolvant a été enlevé ; que la coagulation de l'albumine qu'on peut y soupçonner a dû être complète, et que cependant le ré-

(1) Leur distillation respective donna des produits qui, recueillis en même quantité, en ne s'arrêtant cependant que lorsqu'il ne passait plus que de l'eau, furent éprouvés à

sidu est encore susceptible de produire la fermentation du sucre avec quelque vivacité, la levure n'est point de l'albumine : il se pourrait néanmoins qu'elle en tirât son origine, comme nous l'avons fait voir dans la première partie de cet exposé.

L'oxide rouge de mercure paralyse ou détruit la vertu excitante de cette substance qu'il paraît précipiter; au moins est-il certain qu'en essayant la liqueur par l'acide hydrosulfurique, on n'y trouve aucune trace de la présence du mercure.

Des Lavages de la levure.

Les eaux de lavage de la levure sont propres à engendrer la fermentation avec quelque vivacité; elles

---

l'aréomètre de Cartier, la température étant à 21° du thermomètre centésimal.

Le mélange de la couche inférieure et du sucre donna un alcool à.......................... 21°;

Celui de sucre et des deux couches superposées en donna un à...................... 21°,4;

Le précédent, dissous dans deux verres du produit de la levure distillée au bain-marie, fournit un alcool à...................... 19°;

Et enfin, la dissolution du sucre dans le produit de la distillation de la levure au bain-marie donna, après six mois, un alcool à... 11° faibles.

Encore le peu d'alcool qui se trouve dans un produit aussi aqueux doit-il avoir été fourni par le véhicule qu'on avait employé dans cette expérience.

Ces essais comparatifs avaient été exécutés sur 100 grammes de sucre.

donnent, par leur évaporation à froid et dans le vide, un résidu jaune-brun comme l'osmazôme, odorant, savoureux, légèrement déliquescent, rougissant le papier de tournesol, peu soluble dans l'alcool et dans l'éther. Elles ne contiennent pas d'acide carbonique libre ni combiné; quoiqu'elles précipitent en flocons blanchâtres par la baryte et le chlorure de baryum; car ni leur ébullition long-temps prolongée, ni l'action des acides sur ces flocons n'en dégagent ce gaz. Au bout de quelques jours, et pour peu que la matière lavée ait eu l'accès de l'air, elles contractent une odeur de pourri analogue à celle que prennent les eaux où l'on a fait cuire des choux. Elles sont cependant encore propres à la fermentation. Le suc de choux contiendrait-il de la levure? C'est ce que rendait probable l'ébullition spontanée qu'éprouvent ces légumes en passant à l'état de *choux-croûte;* mais la lenteur avec laquelle ils le font ne permet pas de le supposer, et d'ailleurs la grande quantité d'albumine végétale qu'ils renferment explique suffisamment cet effet.

Elles sont encore louches après avoir passé à travers un papier double. On peut néanmoins les avoir limpides par le repos. L'ébullition y produit un dépôt. L'air y détermine la formation de pellicules blanchâtres. Ni l'air ni la chaleur ne sont nécessaires pour y produire un trouble : c'est ce que fait voir leur évaporation dans le vide.

L'eau, en se distillant, n'entraîne que des quantités insolubles de ferment, si toutefois elle en emporte. Celle qui a bouilli sur la levure donne, par sa concentration à chaud, un extrait qui paraît analogue à celui que l'on

obtient des lavages à froid quand on les place dans l'appareil évaporatoire de M. Leslie. Les dernières eaux des lavages, quelque loin que ceux-ci soient poussés, fournissent toujours, par leur évaporation, un léger résidu amer et transparent comme de l'albumine desséchée spontanément. Il s'élevait, au vingtième lavage, de 21 à 26 centigrammes par litre; et comme il en fut de même plusieurs fois de suite dans ceux qui suivirent, j'en conclus que cette permanence annonçait une légère solubilité dans la matière lavée, et que quelle que fût ma persévérance, l'eau n'en isolerait point autre chose. Ces dernières, mêlées au sucre, s'aigrissent à l'air spontanément en deux ou trois jours, et finissent par donner un dégagement très-lent d'acide carbonique et quelques traces d'alcool.

Cet essai confirme le peu de solubilité du résidu que laisse la levure quand elle est bien édulcorée. Il fait voir aussi que ce résidu, alors même qu'il a supporté la chaleur et l'action de l'eau bouillante, jouit par lui-même, quoique bien faiblement, de la propriété fermentante.

A mesure qu'on lave la levure de bière, et quoiqu'on évite l'accès de l'air en se servant d'une eau bien désaérée, il s'en dégage une très-petite quantité de gaz qui se renouvelle à chaque lavage. L'action prolongée de l'eau sur la levure à une température de 100 degrés, n'ayant fourni précédemment qu'une quantité de gaz fort limitée, nous concluerons que celui-ci provient d'un reste d'action de la levure sur elle-même, d'autant que cette matière étant toujours humide, l'eau ajoutée n'est pas une nouvelle circonstance qui puisse déterminer ce déga-

gement. On le conclut plus directement encore de la façon dont elle agit sur l'air.

Le dépôt formé par la concentration dans les eaux de lavage est un ferment très-lent. Il paraît analogue au résidu insoluble que laisse la levure.

Du Résidu insoluble de la levure.

Ce dernier, quoique sans aigreur, rougit souvent le bleu du tournesol. On peut cependant lui enlever cette propriété par un grand nombre de lavages. Il a des analogies avec le gluten ou plutôt avec la zimôme par la manière dont il brûle sur les charbons, par l'odeur de pain grillé qu'il y répand, et par la propriété qu'il a de développer une odeur de fromage quand on l'abandonne à lui-même étant humide. Il en diffère d'ailleurs par le peu d'énergie de son action sur le sucre. Il se rapproche encore davantage de l'albumine coagulée, puisqu'il prend comme elle de la transparence en se desséchant, et, comme elle, redevient opaque lorsqu'on l'humecte, propriété par laquelle ils s'éloignent tous les deux des tendons et autres matières animales qui, d'après l'observation de M. Chevreul, doivent leur transparence à l'eau qu'elles contiennent. Son insolubilité n'est point absolue; l'eau, comme nous venons de le voir, n'en prend cependant que des traces. Humecté et abandonné à l'air, il transforme non-seulement l'oxigène de celui-ci en acide carbonique, mais il fournit encore de sa propre substance une certaine quantité de ce gaz acide; en même temps il éprouve en lui un changement qui le dispose à se laisser un peu mieux attaquer par l'eau.

Quoiqu'il lui cède si peu de chose avant d'être putréfié, cela suffit pourtant pour faire voir qu'il réside en lui une vertu fermentante qui est faible, que la crême de tartre la plus pure favorise et qu'une trop grande putréfaction amoindrit. On le vérifie, en effet, en le mêlant au sucre. Une putréfaction ménagée renforce en lui cette propriété d'une façon très-sensible, et si elle n'est pas assez avancée, l'exaltation qui en résulte n'est point aussi marquée : il se comporte encore en cela exactement comme l'albumine coagulée. En comparant en effet les résultats obtenus de celle-ci à ceux qui ont été donnés par la partie insoluble de la levure de bière, il devient évident que les derniers sont identiques aux premiers, et qu'une putréfaction ménagée rend à l'une et à l'autre la propriété d'exciter la fermentation, ce qui est d'accord avec ce que nous avons déjà dit de l'exaltation que la putréfaction communique à la vertu fermentante du gluten (1).

De l'Extrait de levure de bière.

L'extrait de levure est une préparation brune, savoureuse, aromatique. Elle contient des débris de pellicules insolubles. Sa dissolution même, allongée d'eau, n'altère que bien difficilement l'air commun. Il est donc

(1) 20 grammes de ferment épuisé par l'eau et encore humide, plus 100 grammes de sucre dissous dans quatre fois leur poids d'eau, n'ont point formé sensiblement d'alcool en six semaines. Six autres s'étant écoulées, on a obtenu par la distillation un produit qui marquait 12°,7 Cartier, à la température de 21° centésimaux : l'albumine coa-

en cela bien différent de la levure qui l'a fourni, et du résidu insoluble dont il a été séparé (1). Un kilogramme de levure de bière fournit à-peu-près 45 grammes d'un extrait de consistance mielleuse.

L'eau sépare de celui-ci un résidu blanc, peu sapide, insoluble dans l'eau et dans l'alcool. Il est amer, un peu âcre et se précipite autant de fois que l'on fait dissoudre et évaporer l'extrait de levure. Ce dépôt est un ferment peu énergique et assez lent.

---

gulée en pareilles circonstances en avait donné un à 12°4 Cartier; le zimôme en avait fourni un à 15°.

20 autres grammes de ce résidu ayant réagi sur eux-mêmes pendant trois semaines, ont été mêlés à 100 grammes de sucre et à la quantité d'eau convenable : ils ont donné en dose ordinaire, au bout de six semaines, un alcool marquant 15° Cartier à la température indiquée. La même expérience faite sur un résidu qui n'avait été abandonné à lui-même que pendant dix-huit jours, avant son mélange avec le sucre, n'a donné en dose ordinaire qu'un alcool marquant 13° Cartier, à la même température que dessus.

(1) On a exposé à l'air séparément et en quantités à-peu-près égales, en des vaisseaux de même capacité, de la levure de bière, de l'extrait de cette levure et du résidu insoluble et sur-lavé qui, uni à l'extrait, constitue la levure. La température était d'environ 15°. L'air du premier vaisseau éteignit néanmoins l'allumette dès le second jour; celui du vaisseau où était le résidu insoluble l'éteignait dès le cinquième; mais ce ne fut qu'au bout de la quinzaine, après avoir dissous l'extrait de levure et en avoir élevé la température de 20° à 30°, qu'on finit par obtenir avec lui ce même résultat.

L'alcool, au contraire, lorsqu'il est allongé de son volume d'eau, précipite de la dissolution de cet extrait une matière grenue, blanche, savoureuse, croquant sous la dent, et n'opérant pas la fermentation du sucre, mais où se développe à la longue, quand elle lui est mêlée et qu'elle est en contact avec l'eau ; une matière très-visqueuse.

Ce qui est resté en dissolution dans l'alcool laisse précipiter, par une addition de celui-ci et une évaporation très-lente, quelques petits cristaux transparens, grenus et sapides. Il s'en sépare en même temps une matière d'un brun roussâtre. La saveur des cristaux est aigre, piquante, avec quelque chose de salin. Vus à la loupe, ils m'ont paru des prismes à quatre pans, fortement inclinés sur leur base. Ils étaient en trop petite quantité pour que je pusse faire sur eux quelque essai.

La matière, d'un brun roux, est visqueuse ; elle a une odeur et une saveur qui rappellent celles du bouillon de veau. Cette matière et les cristaux qui lui étaient mêlés étant traités par l'eau, un petit résidu brunâtre est resté sur le papier.

L'extrait de levure ainsi purifié par l'alcool n'en laisse pas moins précipiter quelque chose quand on l'évapore. Le dépôt qui se forme alors paraît analogue à la partie insoluble de la levure. Un mélange d'eau et d'alcool enlève à ce précipité une matière colorante brune.

L'extrait de levure est un ferment soluble. Passé une certaine dose de cette matière, le temps influe davantage sur la quantité d'alcool formée que la quantité de cet

extrait (1). Un dépôt se précipite pendant la fermentation qu'il détermine. La marche de l'expérience est la même que celle du mouvement spontané qu'on observe dans les sucs de fruits. C'est ordinairement vers le troisième jour que, dans mes expériences, l'excitation ainsi produite a donné naissance à une fermentation rapide.

3 grammes d'extrait de levure valent à-peu-près 20 grammes de celle-ci pour la transformation de la matière sucrée en alcool.

Le résidu aqueux de la distillation de la liqueur alcoolique fournie par le sucre et l'extrait de levure, étant évaporé, on obtient un extrait : sa saveur est acide, son arrière-goût douceâtre et non sucré ; son odeur et son goût rappellent ceux du levain.

L'extrait de levure fait à l'abri de l'air n'en est pas meilleur ; et de quelque manière qu'il ait été préparé, son action est arrêtée par le produit qu'on obtient en distillant la levure au bain-marie.

Cet extrait est encore un ferment lorsqu'il a été pu-

(1) 54 grains de celui-ci, mêlés à 3 onces 3 gros de sucre, c'est-à-dire, environ 3 grammes de l'un et 100 grammes de l'autre, ont été joints à deux verres d'eau, puis distillés au bout de quarante-huit jours. Le produit recueilli en dose ordinaire affleurait le 20me degré de l'aréomètre de Cartier, la température étant de 20 à 21° centésimaux.

Cet essai répété sur 100 grains d'extrait et la même quantité de sucre, toutes choses égales d'ailleurs, a donné, en treize jours, un produit qui, recueilli en dose ordinaire, ne marquait que 15°,5 Cartier, à la même température que dessus.

rifié par l'alcool ; mais si l'on filtre sa dissolution avant d'y mêler le sucre, elle ne peut plus alcooliser celui-ci : cependant l'électricité de la pile lui rend sa vertu. C'est ce que j'ai déjà établi dans ma première partie : l'expérience que j'en ai faite a été exécutée sur un mélange de sucre et d'extrait, préparé par des dissolutions alternatives et réitérées dans l'eau et dans l'alcool ; de petites écailles ou pellicules se sont précipitées au côté positif pendant qu'on électrisait, et des bulles de gaz se sont dégagées des deux côtés.

Si, au lieu d'électriser un semblable mélange, on l'abandonne à lui-même, il se prend, au bout de neuf à dix jours, en un liquide trouble et très-visqueux. En lui ajoutant de l'eau, il n'en résulte rien de remarquable, même en un mois. Cependant si on l'électrise alors, soit par la machine électrique, soit par la bouteille de Leyde, pendant quelques minutes, la fermentation s'y établit en peu de jours, quoiqu'un peu lentement. Elle dure environ trois semaines et rend la liqueur alcoolique gazeuse et muqueuse. On peut en effet en séparer par le filtre une gomme. La levure soluble dans un certain état peut donc convertir en alcool ou en gomme la matière sucrée, selon que l'on emploie ou non de l'électricité dans le principe. S'il en est ainsi, la levure doit jouer un rôle important dans l'acte de la végétation : ce que d'ailleurs semble annoncer la profusion avec laquelle on la trouve répandue dans le règne végétal.

Enfin, un commencement de putréfaction n'empêche pas l'extrait de levure de convertir le sucre en alcool, quoiqu'il ralentisse son action. En général, plus la par-

tie soluble de la levure est travaillée, et moins elle excite promptement cette conversion.

On peut, au moyen d'une petite quantité de cet extrait et en employant la fermentation, rétablir quelque activité dans le résidu insoluble de la levure. En effet, quoique la levure desséchée avec ou sans le concours de la chaleur agisse moins efficacement sur le sucre qu'elle ne le faisait avant sa dessiccation, et quoiqu'elle ait cependant encore plus d'énergie que le mélange d'extrait de levure et du résidu insoluble de celle-ci, le dépôt qui résulte de la fermentation produite par ce mélange l'emporte sur la levure sèche. Cette opération rafraîchit donc la partie insoluble du ferment, et lui rend, en grande partie du moins, son intensité première.

Essais sur la Levure de raisin.

Vingt livres de chasselas pressé à la main donnent huit pintes de jus, d'où résulte à-peu-près sept bouteilles de vin et six onces (183gram.,54) de levure.

Celle-ci convertit le sucre en alcool sans qu'il soit nécessaire d'y faire concourir l'air ou l'oxigène.

La lie n'est qu'un mélange de cette substance : aussi opère-t-elle immédiatement la fermentation, mais avec beaucoup moins de force que la levure même. Le tartre y abonde. La lie dont le vin se dépouille en vieillissant est dans le même cas ; j'en ai fait l'expérience.

Une même quantité de levure de raisin, du poids de 20 grammes, à laquelle j'ai ajouté successivement à six reprises différentes, et dans l'espace de quatre à cinq mois environ, 336gram. de sucre (11 onces), en décan-

tant la liqueur à chaque fois que l'action semblait épuisée, n'a cessé d'y produire la fermentation, et pouvait encore le faire sur de nouveau sucre. Toutefois elle avait déployé sa plus grande activité dans les premières expériences. Ce fait est une preuve de la difficulté qu'on éprouve à épuiser complètement une levure; ce qui tient à la précipitation de la levure soluble par l'alcool.

La levure de raisin se délite et laisse dégager quelque peu de gaz quand on la lave. L'expérience en a été faite en vase clos avec de l'eau bouillie et suffisamment refroidie hors du contact de l'air; mais on trouve bientôt la limite de ce dégagement, qui d'ailleurs se reproduit à chaque lavage. Il en arrive à-peu-près de même à la levure de bière, ainsi que je l'ai déjà fait observer.

Cette dernière présente d'ailleurs plus de difficulté dans son traitement par l'eau. En effet, la levure de raisin, lavée comme il a été dit, se dépose bien en deux jours dès le commencement, et ce n'est d'ailleurs que fort tard que les eaux qui la baignent contractent une odeur putride. J'attribue cette conservation à la présence du surtartrate de potasse qui fait naturellement partie de cette levure. J'en suis d'autant plus sûr que vers le quatrième ou le cinquième lavage, les eaux qui la baignaient ont commencé à puer, ce qu'elles n'ont point fait tant qu'elles ont eu un goût de tartre bien prononcé: il faudrait donc, à une certaine époque, ajouter du tartre à la matière, ou n'effectuer les lavages qu'avec une eau qui en serait déjà saturée.

L'addition de ce sel serait sans doute efficace pour empêcher la levure de bière de s'altérer pendant qu'on la laverait ou qu'on la ferait voyager.

Les eaux de ces lavages, si limpides qu'elles soient, déterminent l'alcoolisation du sucre, et d'autant mieux qu'elles sont plus concentrées : cependant elles ont besoin pour cela, au moins dans le commencement, du contact de l'air et de l'oxigène. Le lavage à l'eau chaude donne des résultats analogues et plus marqués. Il est donc utile que l'eau séjourne sur la levure ou qu'elle soit plus chaude. Un brassage à 50° du thermomètre centésimal serait probablement le mieux, à moins qu'une alternative d'eau froide et d'eau bouillante ne fût encore plus convenable.

Ni l'air, ni une température de 100°, ni l'action simultanée de l'un et de l'autre, ne troublent la dissolution des parties solubles de la levure de raisin. L'évaporation peut même être poussée très-loin sans que la liqueur cesse d'être limpide.

Dans mes expériences, quand, par de nombreux lavages à froid, j'ai cru avoir épuisé à-peu-près la levure, j'ai terminé en la faisant bouillir avec de l'eau, puis réunissant toutes les eaux ou plutôt leurs extraits, j'ai connu la quantité de celui-ci que pouvait fournir une dose déterminée de levure de raisin. J'ai trouvé ainsi que 4 onces de cette substance n'en donnaient qu'un peu plus de 3 gros. Cette préparation contient évidemment de la crême de tartre : on le reconnaît à la seule inspection, et encore mieux en employant de l'eau froide.

L'extrait de levure de raisin détermine dans le sucre une fermentation vive à laquelle en succède une lente. 60 grains (3$^{gram.}$,19) de ce ferment sont à-peu-près ce qu'il faut pour alcooliser complètement 100 grammes de sucre (3 onces 3 gros). — En distillant, d'abord, puis

évaporant à siccité le résultat de cette fermentation, on obtient de bon alcool et un extrait dont le goût et l'odeur rappellent ceux de l'extrait de levain. L'alcool ainsi obtenu est pareil à de bon esprit-de-vin, il en a le goût et le parfum : ce qui enseigne comment on doit s'y prendre pour en donner l'arôme à d'autres esprits.

La marche de la fermentation engendrée par les parties solubles des levures de bière et de raisin est donc comparable à celle des moûts de raisin et de bière, auxquels on n'ajoute pas d'excitant. Une fermentation de ce genre met un jour, quelquefois plus, à se décider ; elle est d'abord lente, et puis devient rapide, ensuite se ralentit et se termine, au lieu de commencer brusquement comme lorsque la levure de bière et celle de raisin sont mêlées en entier avec le sucre.

La partie insoluble de celle-ci, lorsqu'elle est bien lavée, est à peine capable, même en six mois, d'en alcooliser un peu. Ainsi les lavages épuisent plus complètement que celui de bière le résidu dont il s'agit, ce qu'il faut sans doute attribuer au tartre. Cependant un degré convenable de putréfaction augmente en elle cette propriété d'une manière très-sensible, mais sans jamais en faire une levure.

Considérations générales.

Les observations faites sur la levure de raisin confirment celles recueillies sur la levure de bière, et les unes et les autres coïncident avec ce que nous avons dit des autres fermens.

Ainsi la levure de raisin n'exige pas plus que la le-

vure de bière le concours de l'oxigène pour produire l'alcoolisation. L'une et l'autre se composent de parties solubles et insolubles. C'est dans leurs parties solubles que se trouve principalement le pouvoir fermentant; tandis que c'est plus particulièrement dans leurs parties insolubles que réside la propriété de convertir l'oxigène de l'air en acide carbonique.

Si, lorsque ces parties sont isolées, elles ne sont pas en présence de l'air ou de l'oxigène, elles ne peuvent plus contribuer à la fermentation; mais avec le secours de l'un ou de l'autre elles l'opèrent; celle qui est soluble avec vivacité et au bout de quelques heures, l'autre avec lenteur et tardivement.

Cependant les levures de bière et de raisin dans leur intégrité engendrent sur-le-champ la fermentation du sucre, sans autre aide que celui d'une température convenable et d'une quantité d'eau suffisante. A quoi peut tenir cette différence?... Au travail qui se continue dans la levure après sa précipitation du liquide qui l'a fournie, travail qui devient de moins en moins actif à mesure qu'il arrange d'une manière plus stable les parties entre lesquelles il s'opère. Ce travail est dénoté tant par la manière dont la levure se comporte à l'air, que par la très-faible portion de gaz qu'elle donne à chaque lavage, et qu'elle donnerait probablement dans le vide, puisqu'il se continue dans un air dont tout l'oxigène a été converti en acide carbonique.

Que s'il est arrêté ou suspendu soit par la chaleur de l'eau bouillante, soit par toute autre cause, il ne peut être rétabli sans le concours de l'oxigène ou de l'air,

condition qui n'est pas toujours suffisante et qui, dans ce cas, exige l'intervention de l'électricité.

En suivant dans toutes ses phases le phénomène de la fermentation dans les sucs de fruits, les sèves sucrées, et les mélanges de sucre et des parties solubles des levures de bière et de raisin, on leur trouve une marche semblable. Tous exigent dans le principe le contact de l'air ; tous n'arrivent à la période de leur rapidité qu'après avoir commencé avec une lenteur décroissante, pour se terminer ensuite par une fermentation lente. Tous laissent déposer des levures, c'est-à-dire, des matières opérant sans aucun aide, rapidement et dès le principe, avec plus d'énergie que les corps dont elles proviennent, la transformation du sucre en alcool.

Toutes les substances animales que l'on peut ranger parmi les fermens lents, et non parmi les levures, présentent la même marche sur une moindre échelle.

En sorte qu'il me semble que l'électricité commence le travail ; que cette électricité résulte ordinairement de l'action de l'air sur le mélange fermentescible, et qu'il se continue ensuite de lui-même de levure en levure, ou, si l'on veut, de dépôt en dépôt, jusqu'à ce que la matière sucrée ou le ferment soit enfin épuisé.

Les altérations spontanées au moyen desquelles certains fermens procèdent avec moins de lenteur, me paraissent tenir à la même cause.

Ajoutons que M. Schweiger a observé que les corps électro-négatifs favorisaient la fermentation. (C'est le seul renseignement que l'on trouve à cet égard dans le

Bulletin de M. le baron Férussac, pour juin 1824, où j'ai puisé cette remarque.) (1)

Enfin l'accroissement de force de cohésion produit par la dessiccation et la suspension du mouvement spontané, dont la levure était en quelque sorte primitivement animée, explique suffisamment en quoi celle qui est desséchée est inférieure à celle qui ne l'est pas; et l'énergie encore moindre d'un mélange d'extrait de levure et du résidu insoluble de celle-ci annonce que la levure est une combinaison assez faible pour que l'eau y produise une séparation. En supposant qu'elle ne soit qu'un mélange, on ne voit pas en effet pourquoi elle diffère autant de son extrait, ni pourquoi l'eau ne l'épuise que si difficilement : tout fait donc présumer que c'est une combinaison. Cette manière de voir, plus conforme à la façon dont M. Thenard a envisagé le ferment, n'affaiblit en rien mon opinion sur la nature de la force qui détermine son action. Celle-ci fait voir, au contraire, comment une matière aussi peu soluble que la levure agit plus activement sur le sucre qu'une matière analogue et d'une aussi grande solubilité que l'extrait de levure, quoiqu'il faille cependant une bien moindre dose de ce dernier pour obtenir l'alcoolisation d'une même quantité de sucre. C'est, en effet, par le

(1) Les piles, d'après M. Schweiger, comme les mélanges fermentescibles, ne manifestent d'effet que par l'action réciproque de trois corps différens. Les produits de l'action galvanique sont au nombre de deux : un corps oxidé et un corps hydrogéné. Il en est de même des produits de la fermentation, qui sont de l'alcool et de l'acide carbonique.

mouvement spontané qui se continue dans celle-là, et qui, en raison de l'instabilité de sa composition, s'y rétablit aisément quand il a été suspendu par une dessiccation ménagée, que l'on peut s'en rendre compte. J'ai fréquemment répété ces expériences comparatives, et toujours les matières comparées ayant présenté dans le même sens de pareilles différences, les conclusions que j'en ai tirées sont motivées, ce me semble, d'une manière satisfaisante.

Je me propose de poursuivre l'examen des divers produits qui m'ont été donnés par les fermentations, et dont j'ai déjà eu l'honneur d'entretenir l'Académie; et je continue en ce moment l'étude de l'extrait de levure et du résidu insoluble dont il a été séparé.

Mémoire *sur la Voix humaine.*

Par Mr Félix Savart.

§ 1er. Depuis les recherches de Dodart, publiées en 1700, un grand nombre de physiciens et d'anatomistes ont épuisé leurs efforts pour donner une explication satisfaisante de la formation de la voix humaine; mais malgré tant de travaux entrepris par des hommes pour la plupart d'un très-grand mérite, aucune des hypothèses qui ont paru jusqu'à présent ne paraît revêtue des caractères de la vérité.

Les opinions des savans sur cette matière peuvent être réduites à un très-petit nombre; car, sans qu'ils

s'en soient aperçus, ils ont presque tous tourné autour de la même idée : c'est ainsi, par exemple, que Dodard a comparé les sons de la voix à ceux qui résultent du frôlement de l'air entre les bords d'une ouverture étroite pratiquée, par exemple, dans une feuille de papier tendue, et qu'il appuyait sa manière de voir en cherchant à démontrer l'existence d'une certaine analogie entre l'organe vocal et les anches du hautbois et du basson ; ce qui montre avec évidence qu'il se faisait du mécanisme de la voix la même idée qu'on en a eue depuis en le comparant à celui d'une anche libre.

Ferrein, peu satisfait du travail de Dodart, considérant qu'il était impossible d'admettre qu'une petite colonne d'air, comme celle qui est contenue dans le larynx, fût susceptible de rendre des sons aussi graves que ceux de la voix humaine, et remarquant, d'un autre côté, que si l'on comparait les rubans vocaux à des cordes vibrantes, il serait aussi difficile de concevoir qu'étant si courtes, elles pussent de même rendre des sons si graves, imagina que l'organe vocal de l'homme était en même temps un instrument à vent et à cordes, et que c'était sans doute là la raison pour laquelle il pouvait rendre des sons si graves, quoiqu'il fût renfermé dans un espace si peu étendu. Du reste, quoi qu'il en dise, Ferrein ne fait de l'organe de la voix qu'un pur instrument à cordes, dans lequel l'air expiré des poumons ne sert que d'archet ; car il ne dit pas un mot des vibrations de ce fluide, tandis que tout son Mémoire roule sur les sons que peuvent rendre les ligamens inférieurs de la glotte, soit lorsqu'ils conservent leurs connexions avec les parties qui les environnent,

soit même lorsqu'ils sont libres dans toute leur longueur, et qu'ils ne tiennent plus au reste du larynx que par leurs extrémités. Enfin Ferrein ne parle pas des usages des ligamens supérieurs ni de ceux des ventricules : sa principale erreur vient de ce qu'il a cru que, parce que les ligamens vocaux étaient ébranlés par un courant d'air, c'était là la cause pour laquelle ils rendaient des sons si graves : le fait est que tout autre moyen d'ébranlement lui eût donné le même résultat.

Enfin, malgré le travail de Ferrein, on n'a pas cessé de comparer le mécanisme de la voix à celui des anches; et l'invention des anches libres, par M. Grénié, a permis, dans ces derniers temps, de donner à cette explication plus de développement et d'apparence de vérité que Dodart ne l'avait pu faire. Mais y a-t-il, en effet, une analogie complète entre le jeu de ces instrumens et celui de l'organe vocal? D'après la théorie admise et d'après l'expérience, il est indispensable, pour qu'une anche rende un son, que la languette soit presqu'en contact avec les parois de la gouttière dans laquelle elle se meut, afin que l'écoulement de l'air ne se fasse que périodiquement : cette périodicité de l'écoulement de l'air est une condition hors de laquelle il n'y a point d'anche. Il faudrait donc, pour que l'analogie fût admissible, que le larynx ne pût rendre aucun son tandis que les ligamens vocaux inférieurs sont écartés l'un de l'autre; il faudrait, quand on chante, qu'ils fussent presqu'en contact, et que l'air comprimé dans la trachée, faisant effort pour se ménager une issue, les contraignît à s'écarter, et qu'ensuite cette issue venant à se refermer lorsque la force élastique de ce gaz serait

insuffisante pour surmonter celle des ligamens, il se fit une nouvelle condensation dans la trachée, et ainsi de suite. Voilà ce qui devrait avoir lieu si l'organe de la voix était une anche libre.

Mais il est évident que si les choses se passaient ainsi, il faudrait faire de très-grands efforts pour produire des sons; car les muscles thyro-aryténoïdiens, qu'on décore du titre de rubans vocaux, de cordes vocales, sont fort épais et très-puissans, et quand on les considère sans prévention, on ne peut guère admettre qu'une fois contractés ils soient disposés à s'infléchir sous l'influence d'un courant d'air qui est quelquefois animé d'une vitesse très-peu considérable; car chacun sait par sa propre expérience qu'on peut émettre des sons, même en retenant en partie sa respiration. D'ailleurs, dans cette hypothèse, à quoi servent les ventricules, les ligamens supérieurs et ces deux replis de membrane muqueuse qui forment, conjointement avec l'épiglotte, un petit tuyau membraneux placé au-dessus de la glotte? C'est un fait que si l'on enlève toutes ces parties sur un larynx privé de la vie, qu'on ne laisse que les muscles thyro-aryténoïdiens, qu'on les amène jusqu'au contact, tandis qu'on souffle avec force de l'air par la trachée, il se produit des sons : cela doit être : on fait ainsi une véritable anche. Mais au lieu de chasser de l'air dans la trachée par le moyen d'un fort soufflet, comme on l'a toujours pratiqué, qu'on tente d'obtenir le même résultat en soufflant avec la bouche armée d'un tube introduit dans la trachée, on verra qu'on ne peut y parvenir qu'après de grands efforts, et que les sons qu'on obtient ainsi n'ont aucun rapport avec la voix humaine;

ils sont aigus, et leur timbre est le même que celui des anches, même des plus criardes. Mais si on laisse toutes les parties du laryx dans leur état naturel, qu'on rapproche seulement les aryténoïdes, et qu'on souffle légèrement avec la bouche par la trachée, on obtient des sons beaucoup plus doux et qui approchent bien plus de la voix humaine : cependant dans ce cas les muscles thyro-aryténoïdiens étant relâchés, ils laissent entre eux un orifice elliptique dont le petit diamètre a au moins deux et quelquefois trois lignes, tandis que le grand en a six à sept. Il est impossible d'admettre que les sons soient alors produits par un mécanisme d'anche, et on est forcé de reconnaître que les parties du larynx situées au-dessus des ligamens inférieurs jouent un rôle important dans la formation de la voix.

Enfin une objection assez importante qu'on peut faire à ceux qui prétendent que la voix est produite par un mécanisme d'anche, c'est que la qualité du son de la voix humaine est loin d'être la même que celle du son des anches, quelque perfectionnées qu'on les suppose. Les sons de la voix ont un caractère particulier qu'aucun instrument de musique ne peut imiter, et cela doit être, car ils sont produits par un mécanisme fondé sur des principes qui ne servent de base à aucun de nos instrumens. Nous allons voir, en effet, que la production de la voix est analogue à celle du son dans les tuyaux de flûte, et que la petite colonne d'air contenue dans le larynx et dans la bouche est susceptible, par la nature des parois élastiques qui la limitent ainsi que par la manière dont elle est ébranlée, de rendre des sons d'une nature particulière, et en même temps beaucoup plus

graves que ses dimensions ne sembleraient le comporter. Pour atteindre ce but, il est nécessaire que nous établissions d'abord l'existence d'un certain nombre de faits qui, jusqu'ici, sont restés inconnus.

§ 2 (*a*). On sait que dans les tuyaux d'orgues qui sont fort longs, la vitesse du courant d'air qui sert de moteur influe peu sur le nombre des oscillations : par exemple, quand la longueur d'un tuyau est douze à quinze fois plus grande que son diamètre, il est difficile de faire varier le son d'un demi-ton ; le tuyau octavie quand on force le vent, et quand on en diminue la vitesse, le son devient seulement excessivement faible, et il ne baisse que d'une quantité presqu'insensible. Mais dans les tuyaux courts, l'influence de la vitesse du courant d'air est beaucoup plus grande : ainsi elle se fait sentir dans les tuyaux cubiques assez pour qu'ils puissent rendre plusieurs sons et embrasser un intervalle entier de quinte, quoiqu'il y ait toujours un son qui sorte plus facilement, qui soit plus pur et plus intense que tous les autres.

Les chasseurs emploient, pour imiter la voix de certains oiseaux, un petit instrument dans lequel la vitesse du courant d'air exerce une influence encore beaucoup plus considérable. Cet instrument est ordinairement en os, quelquefois en bois et en métal; sa forme est variable : tantôt c'est un petit tuyau cylindrique de huit à neuf lignes de diamètre et de quatre lignes de hauteur, fermé à chacune de ses bases par une lame mince et plane, percée à son centre d'un trou d'environ deux lignes de diamètre; tantôt c'est un petit vase hémisphérique qui présente également deux orifices opposés (fig. 1 et 2). Les chasseurs

placent cet instrument entre les dents et les lèvres, et en aspirant l'air avec plus ou moins de force à travers les deux orifices, ils parviennent à obtenir différens sons.

L'on peut arriver plus sûrement au même résultat en armant ce petit appareil d'un porte-vent cylindrique (fig. 3). On remarque qu'il peut alors donner tous les sons compris dans une étendue d'une octave et demie à deux octaves, en parcourant, en général, l'intervalle de ut_6 à ut_4. Mais quand on sait bien se rendre maître de la vitesse du courant d'air, il est possible d'en obtenir des sons encore beaucoup plus graves, de sorte qu'il semble qu'il n'y ait d'autre limite à cet abaissement que celle qui résulte de la difficulté qu'on éprouve à bien ménager le vent. Il ne paraît pas non plus qu'il y ait une limite déterminée pour les sons aigus : plus la vitesse du courant d'air est grande, plus l'acuité augmente.

Tous les sons produits par cet instrument ne présentent pas les mêmes qualités; les plus graves sont sourds et faibles; les plus aigus sont si perçans qu'on a de la peine à les supporter; mais ceux qui occupent l'intervalle compris entre ces deux extrêmes sont remarquables par leur intensité, leur pureté et leur éclat, surtout quand l'instrument est fait avec soin. Ils ont tous une analogie très-marquée avec ceux qu'on peut faire rendre à une embouchure isolée de son tuyau; le timbre est le même, et de part et d'autre il y a possibilité de parcourir distinctement un intervalle d'une octave et demie à deux octaves par les seules variations de la vitesse du courant d'air; de sorte qu'on pourrait soupçonner que la production des sons, dans ces deux cas, dépend de causes analogues.

L'on peut augmenter le volume de ce petit instrument, même du double et du quadruple, ou bien le diminuer et en varier la forme de mille manières sans que les résultats cessent d'être analogues à ceux que nous venons d'indiquer : seulement il sera d'autant plus facile d'en obtenir des sons graves que les dimensions seront plus considérables. Mais un de ces instrumens étant donné, il y aura toujours un son qui sortira plus facilement que tous les autres; et si l'on fait varier quelqu'une des dimensions, ce sera un autre son qui jouira de la prérogative d'être le plus intense de tous; de sorte que si l'on pouvait faire un pareil instrument tel que l'étendue de sa cavité pût varier et s'approprier à la disposition la plus convenable pour chaque son, tous les sons produits auraient une intensité constante. Toutes choses égales d'ailleurs, le diamètre seul des orifices a une influence très-appréciable sur l'acuité ou la gravité des sons : ils sont en général plus graves quand les orifices sont plus larges.

Quant à la production même des sons dans ce cas, il semble qu'elle soit due à ce que le courant d'air qui traverse les deux orifices, entraînant avec lui la petite masse de fluide contenue dans la cavité, en diminue la force élastique, et la rend par conséquent incapable de faire équilibre à la pression de l'atmosphère, qui, en réagissant sur elle, la refoule et la comprime, jusqu'à ce que, par son propre ressort et sous l'influence du courant qui continue toujours, elle subisse une nouvelle raréfaction suivie d'une seconde condensation, et ainsi de suite. On conçoit que ces alternatives d'état étant assez rapprochées, elles doivent donner naissance

à des ondes qui se répandent dans l'air extérieur, et qui deviennent susceptibles de procurer la sensation d'un son déterminé. Cependant il faut noter que la nature même des parois qui composent l'instrument paraît aussi exercer une influence sur le nombre des oscillations et sur la qualité des sons qui en résultent : on remarque que quand ces parois sont peu épaisses elles vibrent avec beaucoup d'énergie, que les sons ont quelque chose d'aigre et de glapissant; et si, dans un de ces instrumens ayant une forme hémisphérique, on remplace la lame plane par une feuille mince de quelque substance extensible, comme du parchemin, les sons sortent plus facilement, et sont en général plus graves, beaucoup plus pleins et plus agréables que quand cette paroi est formée d'une substance solide.

Enfin il est une dernière circonstance qui peut aussi influer sur les qualités du son : c'est la direction des bords mêmes des orifices. Lorsqu'on les incline en sens contraire, de manière qu'ils soient dirigés obliquement vers l'intérieur de la cavité (fig. 4), les sons sont en général plus graves et moins éclatans. Dans cette disposition, le bord de l'orifice contre lequel le courant d'air se précipite semble faire le même effet que le biseau dans les tuyaux d'orgues ; il peut être fort épais et arrondi comme dans la figure 5, sans qu'il survienne aucun changement notable. On observe de même qu'il n'est pas indispensable que le biseau d'un tuyau d'orgues soit taillé en couteau tranchant, et qu'il peut être épais d'une ligne, et même de deux, sans que le son cesse de se produire comme à l'ordinaire.

(*b*) C'est une opinion généralement admise que la

substance qui compose un tuyau d'orgues n'a aucune influence sur le nombre de vibrations que peut produire la colonne d'air qui y est contenue. Cette assertion est conforme à l'expérience pour les tuyaux fort longs lorsque les parois qui les forment sont résistantes; mais elle cesse d'être vraie pour les tuyaux courts, et la nature du biseau peut avoir une grande influence, même sur le son des tuyaux longs. Ainsi, par exemple, si l'on substitue à la lame rigide qui forme le biseau d'un tuyau d'orgues de deux pieds de longueur et de deux pouces de côté, une lame formée de quelque substance élastique, comme de la peau ou du parchemin, et disposée de manière à pouvoir être tendue à volonté, on reconnaît qu'en tendant cette membrane de plus en plus, en même temps qu'on accélère la vitesse du courant d'air, le son peut varier d'une quarte, et même d'une quinte. Dans les tuyaux plus courts, l'influence bien plus grande de la vitesse du courant d'air se réunissant à celle de la tension du biseau, il en peut résulter une action encore plus notable : c'est ainsi que le son d'un tuyau cubique peut facilement s'abaisser d'une octave lorsque la paroi qui forme le biseau est toute entière susceptible d'une tension variable; mais lorsque toutes les parois qui composent un tuyau court sont de nature à entrer en vibration conjointement avec l'air qu'elles contiennent, et que leur tension peut d'ailleurs varier, elles influencent tellement le nombre des vibrations qu'il semble que le son puisse s'abaisser indéfiniment. Par exemple, si l'on construit un tuyau cubique avec du papier ou du parchemin tendu sur de petits châssis carrés, réunis ensuite de manière à former un cube, on re-

marque que quand ces parois élastiques sont fortement tendues, le son est presque aussi aigu qu'il le serait si elles étaient formées d'une substance rigide ; mais qu'ensuite si l'on diminue graduellement leur tension en les mouillant, par exemple, ou en les imprégnant de vapeur aqueuse, le son s'abaisse de plus en plus à mesure que leur tension devient moindre, et qu'il peut ainsi s'abaisser de plus de deux octaves sans qu'on cesse de l'entendre ; car il s'affaiblit d'autant plus qu'il devient plus grave. Quand on fait l'expérience avec précaution pendant le calme de la nuit, on ne reconnaît point de terme à cet abaissement du son. On peut facilement constater, par le moyen du sable, que les parois des tuyaux membraneux entrent fortement en vibration sous l'influence de l'air ; le plus ordinairement chaque paroi présente une ligne nodale elliptique ou circulaire, dont le diamètre est variable. On remarque que les parois supérieures et inférieures sont celles qui sont animées du mouvement le plus énergique, et qui ont le plus d'influence sur l'abaissement du son.

Les tuyaux courts, ouverts aux deux bouts et formés de parois élastiques, sont également susceptibles de rendre un très-grand nombre de sons différens, même quand ces parois ne sont membraneuses que dans une partie de leur étendue. Par exemple, un tuyau prismatique carré de 9 pouces de longueur et de 18 lignes de côté, qui devrait donner le son re_4, devient susceptible, lorsque la moitié de sa longueur (celle qui est tournée vers l'embouchure) est formée par des membranes minces et tendues, de faire entendre des sons beaucoup plus graves, tels que tous ceux qui sont compris dans l'inter-

valle de ut_3 à ut_4, et même quelques-uns de ceux de l'octave de ut_2 à ut_3.

Quant à la qualité du son des tuyaux membraneux, elle a quelque chose de particulier : elle participe de celle des tuyaux de flûte et de celle des anches libres : il n'est pas étonnant qu'on ne puisse la comparer à celle d'aucun instrument connu ; car les tuyaux de cette espèce n'ont point d'analogue dans nos instrumens de musique ; ils sont en quelque sorte l'inverse des instrumens à cordes. En effet, chez ces derniers, l'air contenu dans une caisse est mis en vibration par les parois solides qui l'enveloppent ; au contraire, dans les tuyaux membraneux, c'est l'air qui est le corps mis directement en mouvement, et qui communique ensuite ses vibrations aux parois qui le contiennent.

(c) J'ai fait voir, dans un travail qui a précédé celui-ci, que, pour qu'une masse d'air entrât en vibration, il fallait qu'on produisît directement un son en quelqu'un des points de son étendue. Ainsi, dans les tuyaux d'orgues, le son est d'abord excité à l'embouchure même, indépendamment des vibrations de la colonne d'air, de sorte qu'une embouchure séparée de son tuyau rend le même son que le tuyau auquel elle était adaptée : ce sont les ondulations aériennes qui partent de ce lieu d'ébranlement pour se propager ensuite dans toute l'étendue de la masse d'air, qui la déterminent à affecter un mode de mouvement régulier d'où résultent des sons pleins et agréables. De même, si l'on fait résonner un corps tel qu'une lame de verre ou de métal, un timbre, etc., à l'orifice d'un vase qui contient de l'air, ce fluide entre également en vibration sous leur influence,

et il peut rendre des sons fort intenses. Ainsi l'on doit s'attendre, d'après cela, que toutes les fois que, par un moyen quelconque, on excitera un son à l'orifice d'une colonne d'air, elle entrera en vibration, pourvu toutefois que ses dimensions mêmes puissent convenir à la longueur des ondes produites directement. Si donc on fixe un porte-vent à la surface convexe d'un petit instrument hémisphérique, comme ceux dont nous avons parlé plus haut ; qu'ensuite on place un tuyau au-devant de la lame plane (fig. 6), ce système devra faire entendre un son qui sera justement celui qui convient à la colonne d'air renfermée dans le tuyau, pourvu que, parmi les sons que le petit vase peut rendre, il s'en trouve un qui soit le même que l'un de ceux que la colonne d'air peut donner. C'est en effet ce que l'expérience confirme parfaitement. Ainsi, dans un pareil système, le petit instrument tient lieu de l'embouchure ordinaire des tuyaux d'orgues. On conçoit qu'il pourrait être configuré comme dans les fig. 7 et 8, et que le résultat serait exactement le même.

Les sons obtenus par ce procédé ont un caractère particulier qui les distingue de ceux que donnent les tuyaux d'orgues ordinaires : ils peuvent devenir fort intenses et très-éclatans, au moins quand l'appareil est en métal, et que les dimensions de la colonne d'air sont convenablement choisies ; car il faut remarquer que l'ébranlement primitif ayant lieu dans un espace très-peu étendu, il deviendrait insuffisant pour des colonnes d'air d'un diamètre un peu considérable.

Cet instrument, de même qu'un tuyau d'orgues ouvert aux deux bouts, ne peut donner que la série des

sons ut_1, ut_2, sol_2, ut_3, mi_3, sol_3, $la^{\#}{}_3 + ut_4$, etc. Néanmoins il peut arriver que le petit vase qui sert d'embouchure résonne indépendamment de la colonne d'air; mais alors les sons sont faibles et ils manquent de netteté. On conçoit, d'après ce que nous avons dit plus haut, que si un tuyau ainsi embouché était composé de parois susceptibles d'affecter différens degrés de tension, il pourrait alors rendre tous les sons possibles compris entre de certaines limites qui dépendraient de la tension même des parois et du volume de l'air, qui, quoique peu considérable, pourrait néanmoins affecter des modes de mouvement convenables pour faire entendre des sons beaucoup plus graves que ceux que rendrait la même masse d'air si elle était environnée par des parois résistantes.

Lorsque le tuyau dans lequel l'air résonne est percé de trous latéraux, on observe qu'en soufflant d'une manière uniforme par le porte-vent, le son peut varier quand on ferme des trous précédemment ouverts, *et vice versâ*; de sorte qu'il ne serait peut-être pas impossible de construire un instrument de musique par ce procédé.

(*d*) Le son fondamental d'un tuyau bouché dont le diamètre est partout le même est, en général, plus grave d'une octave que le son que donne le même tuyau lorsqu'il est ouvert aux deux bouts; il n'en est pas de même pour les tuyaux à diamètre inégal, par exemple, pour ceux qui sont coniques, pyramidaux, etc., lorsqu'ils sont ébranlés à leur partie la plus rétrécie. Dans ceux-ci, l'intervalle qui existe entre le son qu'ils rendent lorsqu'ils sont ouverts, et celui qu'ils font entendre

lorsqu'ils sont bouchés, devient d'autant plus grand pour une longueur égale de tuyau que l'angle que les parois forment entre elles est plus considérable. Ainsi, par exemple, un tuyau conique de 4 pouces ½ de longueur, tronqué à son sommet, ayant 2 pouces de diamètre à la grande base et 6 lignes à la petite, donne, lorsqu'il est ouvert, le son ut_5, et lorsqu'il est bouché le son mi_3. Si le diamètre de la grande base était plus considérable, les autres dimensions restant les mêmes, ou bien encore si le diamètre de la petite base devenait moindre, le son pourrait encore s'abaisser davantage, par exemple, de plus de deux octaves.

(*e*) Il est impossible de concevoir le mécanisme de la voix sans connaître exactement la forme intérieure du larynx : pour en avoir une idée nette, on peut avec avantage couler dans cet organe quelque substance susceptible de se durcir, comme du plâtre, par exemple ; et l'on obtient ainsi un noyau solide qui représente fidèlement la forme intérieure de cette partie du tuyau vocal. La figure 9 offre un dessin exact et de grandeur naturelle d'un noyau en plâtre obtenu par ce procédé. *AA'* sont les ventricules. On peut voir qu'ils ont une forme très-singulière et qu'ils sont très-étendus ; quelquefois ils s'élèvent encore plus haut que dans cette figure, et leur sommet touche au corps graisseux qui est à la base de l'épiglotte. J'ai vu deux sujets chez lesquels ils avaient 27$^{mm.}$ ou 1 pouce depuis leur fond jusqu'à leur sommet : ordinairement ils ont 5 à 6 lignes de hauteur. Les intervalles *BB'* étaient remplis par les ligamens vocaux et les muscles thyro-aryténoïdiens ; et les intervalles *CC'* par les ligamens supérieurs. La figure 10 représente le même

noyau vu de côté; elle montre mieux que la précédente l'étendue du repli de membrane muqueuse qui s'étend de l'épiglotte à l'aryténoïde correspondant. Ce repli occupe l'espace $A'BB'$, et se termine supérieurement à ligne AC. La figure 11 représente une coupe de tuyau suivant la ligne LM, et divisant l'organe en deux parties, l'une antérieure, l'autre postérieure. Cette figure donne une idée nette de la forme intérieure du larynx : comme on le voit, elle a une très-grande analogie avec celle de l'appareil représenté fig. 8.

§ 3. Ces faits étant bien établis, il est facile de se rendre raison de la formation de la voix, en considérant l'organe vocal, composé du larynx, de l'arrière-bouche et de la bouche, comme un tuyau conique dans lequel l'air est animé d'un mouvement analogue à celui qu'il affecte dans les tuyaux de flûte des orgues. Ce tuyau jouit de toutes les propriétés nécessaires pour que la masse d'air qu'il renferme soit susceptible, malgré son peu de volume, de rendre un assez grand nombre de sons, même fort graves ; sa partie inférieure est formée par des parois élastiques qui peuvent affecter toute sorte de tensions, tandis que la bouche, en s'ouvrant plus ou moins et en changeant par conséquent les dimensions de la colonne d'air, exerce aussi une influence notable sur le nombre des vibrations, conjointement avec les lèvres, qui, en se rapprochant et en s'écartant, transforment à volonté le tuyau vocal en un tuyau conique tantôt ouvert, tantôt presque fermé.

Il est à noter que le son d'un tuyau conique légèrement tronqué à son sommet, de même capacité, à-peu-près, que le tuyau vocal de l'homme, et environ de

même longueur, c'est-à-dire, de 4 pouces $\frac{1}{2}$, n'a pas besoin de s'abaisser de beaucoup pour devenir un de ceux que la voix peut produire : un pareil tuyau ouvert aux deux bouts rend le son ut_5 : il est beaucoup de voix d'homme qui montent jusqu'au son la_4, qui n'est plus grave que d'une tierce mineure. En fermant en grande partie la base du tuyau, le son, par ce seul moyen, s'abaisserait facilement jusqu'à ut_4, et même au-delà ; il n'aurait donc besoin que de s'abaisser encore à-peu-près d'une octave pour atteindre aux sons les plus graves que peut produire une voix ordinaire. Or, si l'on fait attention que la colonne d'air qui est contenue dans le tuyau vocal est environnée, surtout dans sa partie inférieure, par des parois qui sont extensibles, et qui peuvent entrer en vibration et influencer le mouvement de l'air en le partageant, on concevra que cet abaissement d'une octave doit avoir lieu facilement. En effet, si l'on construit un tuyau pyramidal, tel que *AB* (fig. 12), à-peu-près de même longueur que le tuyau vocal, approchant de même capacité, et membraneux dans son tiers inférieur *CD*, on peut lui faire produire tous les sons d'une voix ordinaire, soit en faisant varier la tension des membranes, soit en fermant plus ou moins son grand orifice; mais de manière cependant qu'il reste toujours une ouverture.

La seule différence notable qu'il y ait entre un tuyau à bouche membraneux et le tuyau vocal, consiste dans le mode d'embouchure, qui, pour ce dernier, est analogue à celui de l'instrument représenté figure 8. La trachée *TT* (fig. 11.) est terminée supérieurement par une fente qui peut devenir plus ou moins étroite par

le rapprochement ou l'écartement des aryténoïdes, et par la contraction des muscles thyro-aryténoïdiens représentés par *B B'*. Cette ouverture joue évidemment le même rôle que la lumière des tuyaux à bouche : le jet d'air qui en sort traverse l'intervalle qui existe entre les ventricules et va frapper contre les ligamens supérieurs *C C'* qui, quoiqu'arrondis, ne laissent pas de remplir la même fonction que le biseau des tuyaux d'orgues : alors l'air qui est contenu dans les ventricules entre en vibration, et rend un son qui, s'il était isolé, serait sans doute assez faible, mais qui acquiert ensuite de l'intensité, parce que les ondes qui partent de l'intervalle situé entre les ligamens supérieurs se propagent dans le tuyau vocal placé au-dessus, et y déterminent un mode de mouvement analogue à celui qui existe dans les tuyaux courts et en partie membraneux.

Mais maintenant, pour que le son définitif ainsi produit réunisse toutes les qualités qu'on lui connaît, il faudra que la tension de la partie extensible des parois du tuyau vocal soit dans un rapport convenable avec celle des parois des ventricules, ainsi qu'avec celle des ligamens inférieurs et supérieurs, et que l'étendue des orifices à travers lesquels l'air s'échappe puisse aussi varier et s'approprier convenablement pour donner le meilleur résultat possible. C'est à quoi la nature a pourvu en formant toutes ces parties de tissus élastiques ou musculeux. Le thyro-aryténoïdien forme à lui seul les parois inférieures et externes du ventricule, et il ne concourt pas, comme on le prétend, à la formation du ligament supérieur : quoique d'une forme assez régulière, il est cependant difficile à décrire et même à bien disséquer.

Aussi n'en a-t-on donné jusqu'ici que des descriptions fort incomplètes et souvent inexactes. Ce muscle présente une face interne formée par un plan de fibres presque parallèles, tendues entre la partie inférieure de l'angle rentrant du thyroïde et la partie inférieure antérieure de l'aryténoïde. Le bord supérieur de cette face, dont le plan forme avec l'axe de la trachée un angle d'environ 20 à 25°, est uni au ligament vocal. La face externe est inclinée sur l'interne, de sorte qu'elles laissent entre elles un angle dont le sommet est tourné en bas. Les fibres qui forment cette seconde face s'étendent en éventail et obliquement de bas en haut et d'avant en arrière, et leurs extrémités supérieures vont se perdre successivement dans toute l'étendue du large repli formé par la membrane muqueuse entre l'épiglotte et l'aryténoïde. Quelquefois les plus antérieures s'étendent jusqu'à la base même de l'épiglotte. Ces fibres s'élèvent par conséquent beaucoup plus haut que celles qui forment le plan interne, et elles recouvrent presque toute l'étendue de la paroi externe du ventricule, excepté en avant et en haut, où elles parviennent rarement, à raison de l'obliquité de l'espèce d'éventail qu'elles forment. Enfin dans l'intervalle que la plan de fibres parallèles et internes laisse entre lui et le plan de fibres obliques et externes, se trouve creusée une petite cavité elliptique qui forme le fond du ventricule, où les fibres semblent encore arrangées à-peu-près parallèlement. Les usages de ce muscle sont faciles à concevoir : lorsqu'il se contracte, il donne au fond et à la paroi externe du ventricule, ainsi qu'au bord de l'orifice par lequel l'air sort de la trachée, le degré de tension

nécessaire pour le son qu'on veut faire entendre. Par les extrémités de ses fibres obliques, il agit aussi sur le repli de membrane muqueuse qui forme la partie supérieure de la portion extensible du tuyau vocal. Son action sur cette partie est soutenue par celle d'un petit muscle qu'on devrait appeler *thyro-aryténoïdien supérieur*, car il s'étend obliquement de bas en haut et d'arrière en avant de la partie externe et inférieure de l'aryténoïde, à la partie supérieure de l'angle arrondi du thyroïde, où il se fixe par des fibres tendineuses fort courtes. C'est un petit faisceau musculeux conique dont la base est en arrière. Il est toujours plus développé d'un côté du corps que de l'autre. Plusieurs des fibres obliques du thyro-aryténoïdien se confondent avec ce petit muscle, dans lequel elles s'insèrent presque perpendiculairement; d'autres vont au-delà dans le repli muqueux. Il est évident que ce faisceau musculaire a pour usage de tendre la paroi externe du ventricule, conjointement avec les fibres obliques du thyro-aryténoïdien, auxquelles elles servent de point d'appui. Après la mort, ces deux muscles étant plus ou moins relâchés, les parois externes et internes des ventricules s'appliquent ordinairement l'une contre l'autre, et les replis de membrane muqueuse se trouvent détendus. C'est ce qui fait que quand on tente de faire résonner des larynx privés de la vie, on obtient des résultats si variés: tantôt c'est un son assez pur, quoique n'ayant aucun rapport prononcé avec la voix humaine; tantôt c'est un son ronflant assez sourd, d'autres fois éclatant et fort. Quand on recherche la cause de ce phénomène, on reconnaît qu'il tient à ce que les parois des ventricules étant en

contact dans une plus ou moins grande étendue, selon les sujets, elles battent l'une contre l'autre lorsque l'air tend à les séparer.

Les ligamens supérieurs n'ont point de muscle propre; mais ils sont formés d'une substance assez rigide, et ils sont assez épais pour ne point avoir besoin de ce secours étranger. Quoique leur bord libre soit arrondi, cette disposition ne peut nuire en rien à la production des sons, ainsi que nous l'avons remaqué plus haut.

Une des dispositions les plus remarquables de l'appareil vocal de l'homme, c'est que le larynx est terminé supérieurement par deux replis de membrane muqueuse qui flottent au milieu de l'air qui résonne tout autour d'eux et dont ils partagent nécessairement le mode de mouvement. Il n'est pas douteux que ces replis doivent avoir une grande influence sur la faculté de moduler et d'articuler des sons, ainsi que sur le timbre de la voix; car le larynx inférieur de tous les oiseaux qui ont un chant varié ou qui sont susceptibles d'apprendre à parler présente une disposition tout-à-fait analogue, tandis que, chez les oiseaux dont la voix est limitée, on ne trouve rien de semblable, même quand leur larynx est pourvu de muscles propres. Ces membranes flottantes étant susceptibles d'une tension variable, elles doivent avoir pour principal usage de modifier tantôt subitement, tantôt graduellement le nombre des vibrations de l'air. Lorsqu'elles sont tendues leur hauteur diminue, par conséquent les sons doivent devenir plus aigus, d'abord parce que les parois qui environnent la colonne d'air sont alors plus résistantes, ensuite parce que la partie extensible de ces parois a une moindre étendue. Il est à noter qu'en

même temps que cet effet se produit, l'orifice par lequel l'air s'échappe de la trachée devient plus étroit, et que la paroi externe des ventricules prend aussi un plus grand degré de rigidité ; car c'est le même muscle qui produit tous ces mouvemens. On conçoit que, lorsque ces replis se détendent, des phénomènes tout contraires doivent avoir lieu, et que les sons deviennent plus graves.

D'après l'explication que nous venons de donner du mécanisme de la voix, il est clair que si l'on retranchait les parties supérieures du tuyau vocal, que si on le réduisait même aux seuls ventricules, on ne diminuerait pas le nombre des sons que la voix peut parcourir : les plus graves deviendraient seulement plus faibles. Ceci explique comment on a pu faire de pareils retranchemens sur les animaux vivans sans qu'ils cessassent de faire entendre divers sons. L'air contenu dans les ventricules pouvant résonner indépendamment de celui qui est dans le tuyau vocal, il est très-présumable que même, sans que ce tuyau ait subi aucune altération, certains sons peuvent être produits par les ventricules *seuls*, particulièrement ceux qui sont arrachés par la douleur, et peut-être aussi ceux qu'on fait entendre lorsqu'on chante en fausset. Il semble que cela doive arriver toutes les fois que les parties extensibles de l'organe vocal ne peuvent pas prendre le degré de tension nécessaire pour le son qu'on veut produire. Cette assertion est d'autant plus probable qu'il est des animaux chez lesquels l'organe vocal est réduit aux seuls ventricules : c'est ce qu'on observe dans les grenouilles. Le larynx de ces animaux ressemble assez bien à une petite

timbale ; sa paroi convexe est cartilagineuse ; elle est située supérieurement et traversée par un orifice allongé qui peut s'ouvrir à volonté ; la paroi inférieure est membraneuse et présente un orifice qui correspond à celui de la paroi convexe ; l'air arrive au-dessous de cette membrane, traverse les deux orifices et met en vibration l'air contenu dans la cavité. Le mécanisme est le même que dans les petits vases représentés dans la planche, et que dans les ventricules de l'homme. Cet appareil si simple serait cependant susceptible de donner de beaux sons, si l'animal qui le possède avait un système respiratoire plus compliqué.

Les faits sur lesquels nous venons d'appuyer l'explication de la voix humaine pourront également être employés pour rendre raison des sons que peuvent émettre les diverses espèces de mammifères dont l'organe est analogue à celui de l'homme. Quant à ceux qui, comme les alouates, ont des poches osseuses qui communiquent avec les ventricules du larynx, il est facile de concevoir, d'après les recherches que nous avons publiées précédemment sur les vibrations de l'air, comment il peut arriver que les masses d'air qui sont renfermées dans ces cavités rendent des sons si graves et en même temps si intenses. Lorsque ces poches sont membraneuses, comme dans plusieurs espèces de singes, on conçoit également, d'après ce que nous avons dit plus haut des tuyaux membraneux, que les animaux qui possèdent ces organes doivent pouvoir émettre des sons fort sourds et en même temps très-graves. Au reste, je ne fais qu'indiquer ces applications ; ce sujet demanderait à être traité en détail, et je me borne seulement à remarquer que les dis-

positions les plus singulières de l'organe de la voix dans les différens animaux, paraissent explicables par les principes exposés dans ce travail.

Note *sur un nouveau Procédé hygrométrique.*

Par M. le Prof. Aug. de La Rive.

(*Bibl. univ.*, Avril 1025.) (*Extrait.*)

On sait que si l'on plonge la boule d'un thermomètre dans un acide concentré tel que l'acide sulfurique, on voit, aussitôt que l'on retire cette boule de l'acide et qu'on l'expose à l'air libre, le thermomètre monter sensiblement. Cette élévation de température est due à la condensation des vapeurs aqueuses par la petite couche d'acide qui est restée adhérente à la boule; elle varie suivant les degrés d'humidité de l'air et leur est proportionnelle, les autres circonstances restant les mêmes. Voici la manière d'opérer :

Je plonge, dit M. de La Rive, la boule d'un thermomètre sensible dans de l'acide sulfurique concentré; je l'en retire en lui donnant une petite secousse, de manière qu'il ne reste autour de la boule qu'une légère couche d'acide qui lui demeure adhérente; le thermomètre monte aussitôt d'un certain nombre de degrés au-dessus de celui qu'il marquait avant d'être plongé dans l'acide; puis, au bout d'un instant, il s'arrête et commence à redescendre. Je suppose maintenant qu'on détermine de combien de degrés il monterait pour l'humidité ex-

trême à la même température ; en prénant le rapport entre ces deux nombres de degrés, on trouve le rapport exact entre la tension de la vapeur existante dans l'air et la tension totale à la même température.

Le thermomètre, par exemple, marquait 12°, plongé dans l'acide sulfurique; exposé à l'air, il est monté à 25° $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, de 13° $\frac{1}{2}$; placé dans une cloche où régnait l'humidité extrême, à la même température de 12°, il est monté à 27°, c'est-à-dire, de 15°. Le rapport de 13 $\frac{1}{2}$ à 15 exprime celui de la tension de la vapeur existante dans l'air à la tension totale pour 12° de température. En effet, le rapport de 13 $\frac{1}{2}$ à 15 est égal à celui de 90 à 100 : or, si l'on cherche dans la table de Gay-Lussac (Biot, *Traité de Phys. expér.*, t. 1, p. 532) quel est le degré de l'hygromètre qui correspond à la tension 90, on trouve 95°,4; et l'hygromètre, dans l'expérience ci-dessus, indiquait 95°,5.

Pour toute autre température que 12°, et pour un même degré de l'hygromètre de Saussure, le thermomètre montera d'autant plus que la température sera plus élevée; puisque la quantité absolue de vapeurs aqueuses répandues dans l'air s'accroît avec le degré de chaleur. Il sera par conséquent nécessaire de connaître la variation de température produite par l'air saturé de vapeur, pour chaque degré du thermomètre ; mais des expériences nombreuses m'ont paru démontrer qu'on pouvait, sans erreur sensible, se contenter de déterminer le nombre de degrés dont le thermomètre monte dans le cas de l'humidité totale, pour deux points extrêmes, tels que 0° et 20°, et répartir également la différence entre les degrés intermédiaires. De plus, il m'a

paru que les variations du thermomètre, quand on le retire de l'acide, sont proportionnelles aux tensions des vapeurs à ces mêmes températures.

Quant à la différence remarquable qui existe entre les quantités de chaleur développées par la condensation des vapeurs sur l'acide sulfurique, suivant le degré d'humidité de l'air, il semble, au premier coup-d'œil, que, quelque minime que soit la quantité de vapeurs répandue dans l'atmosphère, il doit y en avoir une quantité suffisante pour saturer la couche d'acide restée adhérente à la boule du thermomètre, et par conséquent pour développer la même quantité de chaleur.

Mais il faut observer qu'il y a ici une lutte établie entre la force d'affinité de l'acide pour la vapeur, et la tendance que possède l'eau à rester sous cette forme de vapeur, tendance qui est d'autant plus forte que la quantité de vapeurs répandue dans l'atmosphère est moindre. Il résulte de là que plus l'humidité sera grande, plus l'acide aura de facilité à condenser la vapeur, plus aussi cette condensation sera prompte, et par conséquent plus la chaleur développée sera considérable. Le thermomètre ne s'arrêtera donc que lorsque le refroidissement occasioné par la différence de température qui existe entre l'air ambiant et la boule du thermomètre, compensera la quantité de chaleur produite par la condensation de la vapeur, et le terme auquel aura lieu cette limite dépendra du degré plus ou moins grand de l'humidité de l'air, etc. (1).

(1) Le moyen de déterminer le degré d'humidité de l'air que le savant professeur de Genève vient de faire connaître

est très-ingénieux ; mais la théorie qu'il en a donnée est loin d'être complète, et pour le rendre usuel, il faudrait un travail immense trop au-dessus de l'importance qu'il peut avoir.

Nous nous permettrons de demander à M. de La Rive pourquoi il a fait abstraction de l'air dans le phénomène de l'échauffement, quoique la température *maximum* soit dépendante de la densité de ce fluide. Quand, en effet, la vapeur vient se déposer sur la boule du thermomètre, elle est mêlée avec de l'air, et cet air s'échauffe nécessairement aux dépens de la chaleur qu'elle abandonne. Il résulte de là que plus l'air sera dense, plus il enlèvera de chaleur au thermomètre, et moins le *maximum* de température sera élevé. Et comme la quantité de vapeur que l'air peut dissoudre est indépendante de sa densité, il arriverait que, par son procédé, M. de La Rive trouverait des quantités d'humidité différentes dans diverses portions d'air également saturées, mais inégalement denses. Nous ne nous arrêterons pas sur les conséquences de l'observation que nous venons de faire ; nous remarquerons seulement qu'elle explique très-bien pourquoi le thermomètre indique des températures différentes pour chaque quantité d'humidité contenue dans l'air, sans qu'il soit nécessaire d'admettre une lutte entre la force d'affinité de l'acide pour la vapeur, et la tendance que possède l'eau à rester à l'état élastique.

G.-L.

SUR *l'Existence de l'iode dans l'eau d'une saline de la province d'Antioquia.*

PAR Mr J.-B. BOUSSINGAULT.

On apporte de la province d'Antioquia un liquide d'une couleur jaune, d'une saveur piquante et d'une odeur d'eau de mer très-prononcée; cette substance, qui est employée avec succès contre le goître, se nomme dans le pays, sans doute à cause de sa consistance, *aceyte de sal* (huile de sel). On s'assure facilement que l'*aceyte de sal* est une dissolution saturée des hydrochlorates de soude, de chaux et de magnésie; mais comme jusqu'à ce jour l'iode est le seul spécifique connu contre les affections goîtreuses, j'ai pensé qu'il pourrait y exister (1) : je me suis en effet assuré de sa présence par les expériences suivantes :

En traitant dans une cornue l'*aceyte de sal* par l'acide sulfurique, il s'est dégagé d'abondantes vapeurs d'acide hydrochlorique; en chauffant ensuite la cornue, elle s'est remplie de la vapeur violacée particulière à l'iode.

La dissolution d'amidon n'a occasioné d'abord aucun changement dans l'*aceyte de sal*; mais, par l'addition de quelques gouttes d'acide sulfurique, il s'est manifesté une belle couleur bleu foncé. La nécessité d'ajouter de l'acide sulfurique indique que l'iode n'est pas à

(1) Cette observation fait d'autant plus d'honneur à la sagacité de M. Boussingault, que ce chimiste ne savait point, à cette époque, que l'iode avait été reconnu dans plusieurs sources salées d'Europe. H.....T.

l'état libre, mais probablement sous celui d'acide hydriodique, formant un hydriodate. La présence de l'iode dans l'*aceyte de sal* est d'autant plus remarquable que cette dernière substance n'est autre chose que l'eau-mère provenant de la saline de Guaca, située dans la Cordillière qui sépare le Rio-Magdalena du Rio-Cauca, et à une distance fort grande de la côte. A la saline de Guaca, on obtient le sel en évaporant presque à siccité l'eau salée. Le sel ainsi obtenu a une saveur piquante très-désagréable, et est imprégné d'un liquide d'apparence huileuse : pour s'en débarrasser, on le met dans des cônes de terre cuite, renversés et percés par leur sommet; l'eau-mère s'écoule et tombe dans des vases placés au-dessous du cône : cette opération ressemble beaucoup au terrage du sucre.

Le sel, une fois bien égoutté, est mis dans le commerce et consommé dans le pays; je me suis assuré qu'il ne contient qu'une quantité d'iode à peine sensible: cependant on ne saurait douter de ses propriétés anti-goîtreuses; car, dans les pays voisins des salines et où l'on consomme le sel, le goître est inconnu, tandis qu'au-delà, dans la même Cordillière, cette infirmité se montre partout.

N'ayant pas encore parcouru la province d'Antioquia, je ne puis dire positivement à quelle époque géologique appartient la saline de Guaca : cependant, d'après quelques renseignemens, et surtout d'après une suite de roches de cette province, j'essaierai d'en donner une idée.

Le terrain dominant à Antioquia est celui de syenite; cette roche passe dans quelques localités au grünstein :

les riches mines d'or de cette province existent généralement dans ce terrain de syenite grünstein. L'or se trouve souvent disséminé dans un grünstein porphyrique, et quelquefois aussi dans des filons de quarz grenu. Sur quelques points on voit le gneiss sortir de dessous le terrain syenitique : ce dernier est en relation avec des calcaires grenus et des schistes noirs qui sans doute, comme lui, sont de formation intermédiaire. Cette formation, qui paraît constituer une grande partie de la vallée du Cauca, supporte çà et là des dépôts d'une origine plus récente, comme, par exemple, le grès rouge ancien. La saline de Guaca se trouvant située dans un rameau de la Cordillière qui sépare Madelena du Rio-Cauca, il est probable qu'elle appartient aux dépôts de gypse d'une ancienne époque : du gypse anhydre (1) et de la houille schisteuse ramassés à Guaca même laissent peu de doute à cet égard, et rendent extrêmement probable qu'à Guaca, comme à Cipaquira, Tausa, Cumaral (Llanos de Saint-Martin), le terrain salifère repose immédiatement sur le grès rouge ancien. La présence des mêmes sels, dans l'eau-mère de Guaca, que ceux qui se rencontrent dans l'eau de mer, me porta à l'examiner chimiquement. Aux propriétés déjà décrites, j'ajouterai que l'eau-mère de Guaca rougit légèrement la teinture de tournesol, et qu'elle pèse 1,2349 (2). Les sels de baryte n'y indiquent pas d'acide sulfurique.

---

(1) A Cipaquira, j'ai également reconnu que le gyspe fibreux est anhydre, et que le sel gemme, même cristallisé, ne contient pas d'eau interposée.

(2) D'après M. Gay-Lussac, l'eau de la mer pèse 1,0286. (*Ann. de Ch. et de Phys.*, t. VI.)

30 grammes d'eau-mère évaporés à siccité, et le résidu tenu au rouge pendant quelque temps, ont laissé 8,07 gr. de matière saline.

Ces 8,07 gr., traités par l'eau, ont laissé non dissous 0,58 de magnésie et 0,04 d'oxide rouge de fer.

On sépara la chaux de la dissolution par l'oxalate d'ammoniaque : l'oxalate de chaux, décomposé par le fer et traité par l'acide sulfurique, donna 3,43 gr. de sulfate, représentant 1,42 de chaux. La liqueur, privée de chaux, ne contenait pas de magnésie; on en retira 4,58 d'hydrochlorate de soude. Cet hydrochlorate, dissous dans une juste proportion d'eau et mêlé avec une dissolution concentrée de sulfate d'alumine, laissa déposer des cristaux d'alun qui, lavés avec un peu d'eau froide et séchés à l'air, pesèrent 0,04, équivalant à environ 0,006 gr. d'hydrochlorate de potasse.

En transformant en hydrochlorate la magnésie et l'oxide de fer, on trouve que l'eau-mère de Guaca est composée de :

	Eau-mère.	Eau de la mer (1).
Eau	0,7064	0,9691
Hydrochlorate de soude	0,1527	0,0218
Hydrochlorate de magnésie	0,0450	0,0049
Hydrochlorate de chaux	0,0930	0,0008
Hydrochlorate de potasse	0,0002	trace (2)
Hydrochlorate de fer	0,0027	0,0000
Sulfate de soude	0,0000	0,0034
Hydriodate (3)	traces	0,0000
Acide hydrochlorique	trace	0,0000.
	1,0000	1,0000.

(1) John Murray, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. VI, p. 63.

(2) D'après M. Wollaston, M. Vogel a aussi trouvé du muriate de potasse dans le sel gemme. (*Ann. de Chim.*)

(3) Probablement hydriodate de magnésie; car, après la calcination, le résidu salin ne contient plus d'iode.

En comparant la composition de l'eau-mère de Guaca à celle de l'eau de la mer, on peut remarquer que la première contient à-peu-près les mêmes sels que la seconde, avec cette différence qu'ils y existent en proportion plus forte. Le rapport des sels entre eux n'est pas le même dans les deux eaux : dans la première, l'hydrochlorate de chaux égale à-peu-près le sel marin ; mais on conçoit facilement que si l'on évaporait une grande quantité d'eau de mer, et qu'on en séparât une grande partie de l'hydrochlorate de soude par la cristallisation, on obtiendrait une eau-mère qui ressemblerait beaucoup à celle de Guaca. En opérant sur une certaine masse d'eau de mer, non-seulement on apprécierait facilement l'hydrochlorate de potasse ; mais il n'est pas invraisemblable qu'on parvienne à y rendre sensible l'iode ; car, bien que jusqu'à présent on n'ait pas réussi à le trouver dans l'eau de mer, on n'y admet pas moins tacitement l'existence de cette substance : autrement il faudrait supposer qu'elle se forme de toute pièce dans les plantes marines, supposition qui serait contraire à toutes les idées reçues.

En évaporant une dissolution saturée de plusieurs sels d'une solubilité différente, il est évident que les plus solubles se sépareraient les derniers : en partant de ce principe, on voit, par les analyses ci-dessus, qu'il faudrait concentrer environ 116 litres d'eau de la mer pour l'amener à contenir une proportion d'hydrochlorate de chaux égale à celle de l'eau-mère de Guaca.

Je suis loin de vouloir expliquer l'origine des terrains salifères par l'évaporation de l'eau des mers : c'est

seulement un fait que je présente à ceux qui, d'après des considérations purement géognostiques, voudraient tenter une semblable explication.

Bogotà, 9 mai 1825.

Nouvelles Observations *sur l'Acide Pectique.*

Par M. Henri Braconnot, Correspondant de l'Institut.

Plusieurs médecins considérant que les gelées produites par l'acide pectique ne contiennent qu'une infiniment petite quantité de matière solide, ont pensé avec raison qu'elles étaient très-propres à tromper l'appétit souvent désordonné des malades; mais ils n'ont pas réussi à les préparer, parce qu'ils ont négligé de prendre les précautions convenables. M. Magendie m'a demandé une explication détaillée de mes procédés pour la préparation de cet acide et des gelées qu'on peut obtenir et aromatiser de diverses manières, pour en faire mention dans la cinquième édition de son Formulaire qui s'imprime à présent. Je m'empresse de satisfaire au désir de ce savant physiologiste; mais auparavant, je ferai observer que le peu de succès qu'on a obtenu me paraît provenir surtout de ce qu'au lieu d'eau pure on s'est servi d'eau commune : or, comme le pectate alcalin n'est contenu qu'en petite quantité, même dans une dissolution très-épaisse, on conçoit qu'il a pu être entièrement décomposé par les sels terreux contenus dans l'eau. En effet, si l'on verse de l'eau de puits, par exemple, dans la dissolution d'un pectate soluble, il se précipite une gelée transparente considérable qui contient les matières terreuses que l'eau retenait en dissolution. Si dans la dissolution d'un pectate soluble on verse un peu de dissolution aqueuse de sulfate de chaux, aussitôt la liqueur se prend en une masse de gelée transparente de pectate de chaux insoluble et indécomposable par les

alcalis. La même dissolution se prend aussi en une seule masse de gelée en y délayant un peu de sulfate de chaux en poudre. Les pectates solubles sont aussi décomposés par une dissolution de carbonate de chaux ; mais le sous-carbonate calcaire, ni même le carbonate de plomb, n'y produisent aucun changement. En général, les pectates alcalins sont des réactifs sensibles pour indiquer une petite quantité d'un sel terreux ou métallique dans une dissolution.

Si, dans une dissolution de pectate de potasse ou de soude neutre ou avec excès d'alcali, on verse une plus grande quantité de celui-ci, toute la liqueur se coagule, et il en résulte un sous-pectate alcalin insoluble dans l'eau, qui ne peut redevenir soluble qu'après lui avoir enlevé son excès d'alcali par plusieurs lavages. Voilà pourquoi si, dans la préparation de l'acide pectique, on employait une dissolution de potasse trop forte l'opération serait manquée. Le même acide ne forme point de sous-pectate insoluble avec l'ammoniaque. L'acide pectique en gelée, délayé avec un peu de morphine en poudre, s'y combine à froid avec la plus grande facilité; il en résulte une dissolution mucilagineuse très-épaisse, laquelle, étendue d'eau, est coagulée en gelée par les acides.

Je vais maintenant indiquer les précautions à suivre pour obtenir facilement l'acide pectique. Je prendrai pour exemple les carottes, quoiqu'elles contiennent une matière colorante. Ces racines étant bien lavées, je les réduis en pulpe par le moyen d'une râpe ; j'exprime le suc, et je lave le marc avec de l'eau de pluie filtrée; je continue les lavages jusqu'à ce que l'eau sorte incolore par expression; je fais avec ce marc et une certaine quantité d'eau une bouillie demi-liquide dans laquelle j'ajoute, en agitant, de la dissolution de potasse ou de soude du commerce rendue caustique, en quantité suffisante pour maintenir dans la liqueur, jusqu'à la fin de l'opération, un léger excès d'alcali sensible au goût ; j'expose de suite le mélange à la chaleur et le fais bouillir pendant environ un quart d'heure, ou jusqu'à ce qu'en prenant

avec un tube une portion de la liqueur épaisse qui en résulte, elle se coagule entièrement en gelée avec un acide. Je passe alors la liqueur bouillante à travers une toile; je lave la masse avec de l'eau de pluie qui ne contienne point de sulfate de chaux, et je réunis les liqueurs, qui sont épaisses, mucilagineuses, et se prendraient en gelée si on les laissait se refroidir. J'avais coutume de décomposer ce pectate alcalin avec un acide pour en précipiter la gelée; mais ayant éprouvé quelques difficultés dans les lavages de celle-ci, j'ai renoncé à ce moyen; je préfère décomposer la dissolution de ce pectate avec un peu de muriate de chaux étendu de beaucoup d'eau; j'obtiens par là une gelée transparente excessivement abondante de pectate de chaux insoluble, qu'il m'est facile de bien laver sur une toile; je fais bouillir pendant quelques minutes cette combinaison avec de l'eau aiguisée d'un peu d'acide muriatique qui dissout la chaux et de l'amidon; je jette ensuite le tout sur une toile, et j'obtiens l'acide pectique, que je parviens à laver avec la plus grande facilité avec de l'eau pure. Si on lavait cet acide en gelée avec de l'eau qui contînt du sulfate de chaux, il s'emparerait du sel terreux pour former une combinaison triple qui refuserait de se dissoudre dans les alcalis.

Quelques personnes pourraient peut-être desirer que je déterminasse d'une manière plus positive les quantités de matières à employer dans cette préparation. Les voici. Marc de navets ou de carottes bien lavé et fortement exprimé, 50 parties; eau, 300 parties; potasse à l'alcool, 1 partie. Au reste, je dois dire que c'est la seule fois que j'aie fait usage de la potasse à l'alcool dans la préparation de cet acide, m'étant toujours servi de potasse ou de soude du commerce rendues caustiques par la chaux.

L'acide pectique en gelée, obtenu par le procédé que nous avons indiqué, se liquéfie avec une extrême facilité par l'affusion de quelques gouttes d'ammoniaque. Si on évapore à siccité cette dissolution mucilagineuse sur des plats de faïence ou de porcelaine, on obtient pour résidu un sur-pectate d'ammoniaque qui se gonfle beau-

coup dans l'eau distillée, s'y dissout, et épaissit une grande quantité de ce liquide.

Cette dissolution mucilagineuse, quoiqu'absolument insipide au goût comme la gomme arabique choisie, rougit sensiblement, comme elle, le papier teint en bleu par le tournesol. Ce sel pourrait servir à la préparation des gelées; mais il est bien plus simple d'employer immédiatement l'acide gélatineux, comme nous l'indiquerons plus bas. Pour m'assurer si cet acide existe tout formé dans les racines, j'ai exprimé fortement la râpure de navet : 7 grammes de ce marc ont été mis en contact à froid avec un demi-décilitre d'eau contenant seulement cinq centigrammes de potasse: peu de temps après, j'ai exprimé la liqueur dans un linge, et un acide en a séparé une gelée incolore. Des jeunes carottes m'ont donné le même résultat. L'ammoniaque affaiblie de beaucoup d'eau fournit aussi à froid de l'acide pectique avec ces racines, d'où il paraît qu'il y est tout formé. Le même acide existe aussi naturellement dans les fruits, dans les groseilles, par exemple. J'ai mis dans un vase du jus de groseilles; dans un autre, du jus de cerises aigres, et dans un troisième, un mélange d'un quart de jus de cerises et de trois quarts de jus de groseilles. J'ai examiné le tout au bout de quelques heures. Le jus de groseilles n'avait point changé; le jus de cerises, sans perdre sa fluidité, a laissé déposer une matière gélatineuse peu considérable, et le mélange de jus de groseilles et de cerises était coagulé en une seule masse de gelée; d'où il suit que la matière gélatineuse qui tend à se séparer du jus de cerises immédiatement après qu'il est exprimé, entraîne dans sa précipitation toute la gelée contenue dans le jus de groseilles. Ce coagulum ainsi obtenu donne, par expression dans un linge, une liqueur parfaitement limpide et coulante, qui ne contient plus de gelée (1). Celle-ci, restée sur le linge et bien lavée, est en grande partie formée

(1) Si par livre de cette liqueur on y fait fondre à froid ou à une douce chaleur 28 onces de sucre raffiné en poudre, on obtient un sirop de groseilles excellent. Cette manière fort simple de le faire, qui est certainement la meilleure, est

d'acide pectique libre, qui se combine et se dissout à froid dans une légère dissolution alcaline ; il est vrai qu'il retient plus de matière colorante que celui qu'on obtient de la plupart des racines. Si après l'avoir saturé par la potasse, on évapore la dissolution à siccité, on a un résidu qui ne se dissout qu'imparfaitement dans l'eau, ce qui est un indice d'impureté. Pour éviter de rencontrer l'amidon qui paraît exister dans presque toutes les racines, surtout lorsqu'elles sont jeunes, comme celles de carottes et de navets, j'avais pensé que le fruit des citrouilles serait plus convenable pour en extraire l'acide pectique ; mais ayant examiné le fruit de la variété dite *bonnet d'électeur*, j'y ai encore retrouvé l'acide pectique accompagné d'une quantité très-notable d'amidon. Peut-être que la racine de betterave blanche pourrait offrir, sous ce rapport, quelques avantages ; mais je n'ai fait encore aucun essai pour m'en assurer.

Pour obtenir avec l'acide pectique les gelées aromatisées, j'ai dit qu'il est plus simple de l'employer à l'état gélatineux, que de faire usage de ses combinaisons alcalines desséchées. Ainsi, lorsque je veux faire, par exemple, de la gelée au citron, je prends une partie d'acide en gelée bien égouttée que je délaie avec trois parties d'eau distillée; j'y ajoute une petite quantité de dissolution étendue de potasse ou de soude pure, jusqu'à ce que l'acide soit dissous et saturé, ce dont on peut s'assurer facilement avec le papier rougi par le tournesol. J'expose à la chaleur cette dissolution, et j'y fais fondre trois parties de sucre, dont une petite portion a été frottée sur l'écorce d'un citron ; j'ajoute à la liqueur, pour décomposer le pectate, une petite quantité d'acide muriatique ou sulfurique très-étendu, et ayant à-peu-près la

---

connue depuis long-temps dans plusieurs ménages ; mais on a coutume d'écraser à la main les groseilles et les cerises aigres pour en exprimer le jus, qui doit se coaguler spontanément.

force du vinaigre (1); j'agite le mélange, qui prend de la consistance et se forme en gelée peu de temps après. On peut par un moyen analogue obtenir de la gelée à la vanille, à la fleur d'oranger, au girofle, à la muscade, à la cannelle, à la rose, etc. J'ai aussi préparé une limonade gélatineuse, qui doit plaire beaucoup aux malades et aux convalescens; j'en ai régalé plusieurs personnes bien portantes qui, d'un commun accord, l'ont trouvée fort agréable et rafraîchissante pendant les chaleurs de l'été. Lorsque ces gelées ne contiennent pas une suffisante quantité de sucre, elles peuvent être exposées à se moisir; mais jamais elles ne s'aigrissent, attendu que l'acide pectique en gelée n'a point la propriété de faire fermenter le sucre. J'ai encore préparé une conserve gélatineuse avec parties égales de sucre et d'acide en gelée saturé et dissous préalablement par un peu de potasse; mais j'ai remarqué que cette conserve exigeait le secours de l'ébullition pour pouvoir bien se dissoudre dans l'eau. Au reste, la dissolution aqueuse des pectates neutres pourra être employée en médecine dans toutes les circonstances où les dissolutions de gommes sont indiquées: il m'a paru qu'à consistance égale celles-ci contiennent plus de bases salifiées que les premières, et on sait que M. Vauquelin a obtenu sur cent parties de gomme brûlée, de trois à trois et demi de cendres blanches, lesquelles étaient composées, pour la plus grande partie, de chaux, et même d'une petite quantité de potasse.

Si, dans la dissolution d'acide pectique en gelée par le moyen d'un peu de potasse, on fait fondre du sucre à l'aide de la chaleur, et qu'ensuite on verse dans la liqueur, en l'agitant, de l'alcool aromatisé avec diverses substances, on obtient des gelées alcooliques, homogènes, tremblantes, qui prennent de la consistance avec le temps, et l'emportent de beaucoup sur celles que l'on prépare ordinairement avec la colle animale. Mais une des propriétés les plus précieuses que j'ai reconnues aux

(1) J'ai remarqué que, à force égale, l'acide acétique coagulait moins abondamment la dissolution d'un pectate que les autres acides.

pectates solubles, c'est qu'il me paraît hors de doute qu'ils peuvent être considérés, en général, comme l'antidote le plus certain que l'on puisse employer dans les empoisonnemens par la plupart des sels métalliques, tels que ceux de plomb, de cuivre, de zinc, d'antimoine, de mercure. J'en excepterai pourtant le sublimé corrosif, le nitrate d'argent et l'émétique, parce qu'il m'a paru que les pectates métalliques provenant de ces derniers étaient solubles par un excès de pectate. J'ai fait dissoudre un décigramme de sulfate de cuivre dans l'eau; j'y ai versé un excès de pectate, et il en est résulté un coagulum excessivement abondant eu égard à la petite quantité de sulfate de cuivre décomposée. Cette gelée, exprimée dans un linge, a fourni un liquide qui n'était plus troublé par le pectate de potasse, et dans lequel le prussiate de potasse n'a point indiqué de cuivre. La gelée exprimée était d'une couleur verdâtre : c'était un sur-pectate de cuivre qui retenait l'oxide de ce métal dans une grande masse de gelée et en combinaison très-intime. Cette dernière combinaison gélatineuse est absolument insoluble dans l'eau bouillante; chauffée avec une dissolution de potasse caustique, celle-ci s'empare d'un excès d'acide pectique, et laisse un pectate de cuivre insoluble dans cet alcali. Cette gelée cuivreuse, mise en contact avec l'acide acétique affaibli, n'en a point été sensiblement altérée, car elle avait conservé sa couleur verdâtre; et plongée dans une dissolution d'hydrocyanate de potasse ferruré, elle y a pris une couleur rouge foncée; mais elle a été décomposée par l'acide nitrique, qui s'est emparé du cuivre et a laissé l'acide en gelée. Ce nouveau contre-poison que je propose avec assurance pour secourir les individus empoisonnés par les sels métalliques, n'a nullement l'inconvénient de la plupart de ceux qui ont été recommandés: en effet, la dissolution de pectate de potasse ou d'ammoniaque a un double avantage qui sera bien senti; ces sels enveloppent et neutralisent sur-le-champ le sel délétère, et de plus ils peuvent, à la manière des boissons émollientes, mucilagineuses, insipides, calmer l'irritation déjà produite par le poison.

Nancy, le 20 août 1825.

SUR *la Faculté de quelques poudres métalliques de s'enflammer spontanément dans l'air atmosphérique, à la température ordinaire.*

PAR M. GUSTAVE MAGNUS.

VOULANT préparer du cobalt qui ne contînt point de carbone pour des expériences magnétiques, je réduisis de l'oxide de cobalt par l'hydrogène à une température assez haute. La réduction étant faite, je laissai complètement refroidir l'appareil sans interrompre le courant de gaz hydrogène. Mais lorsque je versai le métal de la boule de verre dans laquelle il avait été réduit, il s'échauffa, devint rouge, et rentra dans l'état d'oxide.

Je savais que l'oxide employé n'était pas tout-à-fait pur; je me fis d'abord la demande si l'oxide de cobalt pur ferait voir le même phénomène; mais des réductions réitérées m'apprirent que le métal pur ne s'enflammait point. L'inflammation me parut alors être produite par une petite portion de potasse, qui est retenue très-fortement par l'oxide de cobalt; de manière que la potasse en contact avec l'oxide métallique aurait été réduite par l'hydrogène, en formant un alliage de potassium et de cobalt.

Mais ce qui d'abord contraria cette supposition, ce fut que le pyrophore mentionné ne décomposait pas l'eau; car, lorsqu'on y poussa l'haleine, l'inflammation n'en fut point favorisée, et ayant été mis dans l'eau, il ne s'enflamma qu'après que l'eau eut été évaporée par une chaleur légère. Comme il m'était d'ailleurs impossible de produire un pyrophore semblable par une combinaison ou un mélange d'oxide de cobalt et de potasse, en variant les proportions relatives de ces deux corps et leur état, j'ai examiné l'oxide qui avait produit le phénomène d'inflammation, et l'analyse m'a donné, outre la potasse, une petite portion d'alumine.

J'ai dissous alors dans une solution de cobalt pure un peu d'alun, et après y avoir ajouté du carbonate de potasse, j'ai réduit le précipité obtenu, et le phénomène de l'inflammation n'a pas manqué de paraître. Après avoir obtenu ce résultat, j'ai essayé de produire un tel pyrophore au moyen d'autres oxides métalliques; mais je n'ai pu y réussir qu'en employant l'oxide de fer ou de nickel. Il faut que j'observe cependant que de ces expériences étaient exclus,

1°. Tous les métaux qui ne peuvent pas être réduits par l'hydrogène;

2°. Les métaux autrefois nommés *parfaits*, parce que ces métaux perdent leur oxigène par la seule chaleur et sans l'emploi d'hydrogène.

3°. Les métaux qu'on ne peut pas précipiter avec l'alumine, puisque l'alumine n'influe que sous cette condition.

Ce que j'avais cru devoir admettre auparavant pour la potasse, je le pensai maintenant de l'alumine, c'est-à-dire que cette dernière, en contact avec le métal, était réduite en aluminium, et que l'aluminium s'enflammait spontanément dans l'air atmosphérique.

Pour examiner cette hypothèse, je précipitai, par de l'ammoniaque, de l'oxide de fer pur avec de l'alumine également pure, dont je connaissais exactement les quantités relatives. Une portion pesée de ce précipité fut réduite et pesée de nouveau après la réduction, hors du contact avec l'air atmosphérique. Ce qu'il pesait de moins était dû à l'oxigène que l'hydrogène avait enlevé à la poudre. Si cette perte avait été plus grande que le poids de l'oxigène contenu dans l'oxide de fer qui se trouvait dans la combinaison, il aurait nécessairement fallu que l'alumine eût perdu également de son oxigène. Mais les résultats suivans semblent suffisamment prouver que ce n'est que l'oxide de fer qui perd son oxigène par la réduction, et que l'alumine retient le sien.

Composition du Pyrophore.

Oxide de fer.	Alumine.	Diminution du poids.	Oxigène de l'oxide de fer.
88,05	11,95	25,4	26,9
90,20	9,80	27,1	27,6
95,96	4,04	29,31	29,41
95,96	4,04	29,47	29,41

En examinant si d'autres terres que l'alumine, étant mêlées avec les métaux sus-mentionnés, pourraient produire le même effet, ayant trouvé que la glucine se comporte précisément comme l'alumine, il me parut vraisemblable que la température employée pourrait influer sur la faculté du métal de s'enflammer. C'est cette conjecture qui m'engagea à répéter la réduction des oxides purs à des températures différentes. Il se trouva que non-seulement l'oxide de fer pur, mais aussi les oxides purs de nickel et de cobalt, s'enflamment spontanément, pourvu qu'ils aient été réduits à une température qui ne surpasse pas la chaleur rouge (1). Puisque dans toutes les réductions faites jusqu'ici on avait employé la chaleur rouge, il paraît que les oxides purs ne produisent le phénomène cité que lorsqu'en les réduisant on avait employé une chaleur plus basse; mais qu'étant mêlés avec l'alumine ils peuvent devenir rouges sans perdre la faculté de s'enflammer.

C'est ce qui s'est confirmé en effet par des expériences directes. Car si, par exemple, l'oxide de fer pur qui s'enflamme après avoir été réduit à une température plus basse que la chaleur rouge, et après s'être complè-

---

(1) Pour examiner si l'oxide de fer, étant réduit en employant une température aussi basse, perd tout son oxigène, j'ai réduit 4,648 grammes d'oxide de fer pur, à-peu-près à la température du mercure bouillant. L'oxide a perdu 1,427 gr. de son poids, ce qui fait 30,671 p. c. D'après les analyses de M. Berzelius, l'oxide de fer contient 30,66 p. c. d'oxigène : l'on voit par conséquent que cet oxide a été complètement réduit.

tement refroidi, est échauffé dans l'hydrogène jusqu'à la chaleur rouge, il perd la faculté de s'enflammer. Mais si le même oxide est mêlé avec l'alumine, on peut l'échauffer jusqu'au rouge, et il s'enflammera encore après être complètement refroidi. Cependant l'oxide cesse d'être pyrophorique par l'emploi d'une chaleur trop forte ou par la répétition trop fréquente de sa réduction.

Il devient probable, par ces expériences, que l'alumine étant infusible, n'agit qu'en retardant la liquation des atomes du métal. Comme, de plus, les seuls métaux les plus difficiles à fondre (1) font voir le phénomène en question, il paraît que c'est une condition indispensable pour l'inflammation du métal, d'avoir été réduit à une température qui ne soit pas assez haute pour unir ses particules ni par la fonte ni par une simple adhésion. Or, l'on doit admettre que le métal se trouve dans un état de division extrême quand on le réduit de cette manière, parce que chaque atome du métal est combiné avec l'oxigène, et que celui-ci est ensuite enlevé par l'hydrogène, sans que les atomes qui restent s'unissent soit en se fondant, soit en se collant. Puisque, en outre, tous les corps poreux (2) condensent les gaz, et qu'ils condensent une plus grande quantité d'un gaz que de l'autre, il faut par conséquent admettre que les poudres métalliques condensent aussi le gaz oxigène, et cela avec une intensité suffisante pour produire les conditions néces-

---

(1) Puisque le cuivre est un des plus difficiles à fondre parmi les métaux réductibles par l'hydrogène, c'est surtout ce métal sur lequel je dirigeai mon attention. En effet, j'ai réussi une fois à obtenir du cuivre métallique, par la réduction à une température très-basse, et en n'employant que très-peu d'hydrogène, qui se couvrit d'une couche d'oxide lorsqu'il fut exposé à l'air atmosphérique, sans faire voir cependant l'inflammation et sans que l'oxidation se communiquât à toute la masse.

(2) Observation sur l'absorption des gaz par des corps différens, par Th. de Saussure (*Bibliothèque britannique*).

saires à la combustion ou à la combinaison avec l'oxigène, surtout à une température élevée.

Ce qui principalement confirme cette assertion, c'est que le fer, réduit par l'hydrogène, condense plusieurs fois son volume d'acide carbonique, tout aussi bien lorsqu'il est pur qu'étant mêlé d'alumine.

Mais si le métal est rendu poreux par sa réduction, et qu'il condense des gaz, il ne manquera pas sans doute de condenser une partie de l'hydrogène dans lequel il se refroidit. Il est, d'ailleurs, connu qu'un corps qui a condensé de l'hydrogène peut encore condenser de l'oxigène: cependant j'ai cru devoir examiner de plus près quel rôle joue cet hydrogène dans l'inflammation du métal.

C'est pourquoi je fis passer du gaz acide carbonique sur du fer qui venait d'être réduit et de l'inflammabilité duquel je m'étais assuré, et je trouvai que le métal avait, en effet, perdu par là son inflammabilité spontanée.

Cependant l'inflammabilité se rétablit lorsqu'on chauffe le fer dans l'hydrogène, d'où il est certain que l'hydrogène influe sur l'inflammabilité du métal; mais je n'ose prononcer sur la manière d'agir de ce gaz dans le cas actuel.

Il se pourrait qu'il se formât de l'eau lorsqu'à l'hydrogène déjà condensé se joint encore la condensation de l'air atmosphérique, et que cette eau occasionât l'oxidation du métal. Mais cette explication ne paraît pas pouvoir se soutenir, puisque la quantité d'hydrogène condensée par le corps poreux est très-peu considérable, et encore parce que l'affinité de l'hydrogène et de l'oxigène est plus faible que celle du fer et de l'oxigène.

Ce qui est plus probable, c'est que la simple condensation de l'oxigène produit les conditions suffisantes à l'oxidation du métal. On ne pourra pas alléguer contre cette assertion le fait qu'il n'y a point de combustion si l'acide carbonique est condensé au lieu de l'hydrogène, puisqu'il est connu que cet acide est condensé en très-grande quantité par les corps poreux, et que, par con-

séquent, lorsqu'il est chassé par un autre gaz, comme, par exemple, le gaz oxigène, des phénomènes tout-à-fait différens de ceux qui sont observés à la première condensation sont produits, et qu'on remarque même un abaissement de température.

Pour constater l'assertion précédente, je rapporterai que j'ai réussi à trouver une poudre métallique qui s'enflamme spontanément sans la présence de l'hydrogène; lorsqu'on chauffe de l'oxalate de fer dans un vase à col étroit, jusqu'à la décomposition de l'acide oxalique, si l'on fait refroidir ce vase, on obtient du fer métallique dans un état extrêmement divisé, qui s'enflamme spontanément dans l'air atmosphérique. Cependant cette poudre, aussi-bien que celle qu'on obtient par la réduction à l'aide de l'hydrogène, perd son inflammabilité si la chaleur employée à la décomposition de l'acide oxalique est un peu trop forte. Comme le fer est complètement réduit par ce procédé, vraisemblablement il ne se forme que de l'acide carbonique: du moins la quantité de gaz oxide de carbone qui se forme ici ne peut être que très-petite, et c'est pourquoi il n'est point probable que ce gaz influe sur l'inflammabilité de la poudre.

A ces phénomènes se joint encore celui du pyrophore de Homberg, que l'on obtient en chauffant au rouge un mélange d'alun et de farine. L'inflammabilité de ce pyrophore n'est fondée apparemment que sur la porosité du sulfure de potassium, qui ne doit point être fondu pour obtenir le phénomène.

Les expériences citées conduisent à ce résultat, que des corps combustibles se trouvant dans un état très-poreux ont la propriété de s'oxider spontanément.

J'ai cru que ces recherches ne seraient pas sans intérêt, puisque le résultat pourra peut-être aider à découvrir l'origine de l'acide nitrique dans les nitrières naturelles, et qu'il paraît avoir quelque liaison avec la faculté du silicium et du zirconium de s'oxider sous certaines conditions que M. Berzelius (1) a observées nou-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII.

vellement, ainsi qu'avec la découverte faite par M. Döbereiner sur le platine. C'est pourquoi je n'ai pas hésité à publier ce Mémoire en extrait, y étant de plus encouragé par M. Mitscherlich, qui a bien voulu me permettre de faire dans son laboratoire les expériences sus-mentionnées, et que je ne saurais trop remercier pour l'intérêt qu'il a bien voulu prendre à ce travail.

Comme je ne renonce pas à m'occuper encore de cette recherche, j'espère trouver l'occasion dans la suite d'en publier une exposition plus détaillée.

Analyse *de l'Alumine sulfatée, native du* Rio-Saldana.

Par Mr J.-B. Boussingault.

On trouve, dans les schistes noirs de transition des Andes de Colombia, une substance blanche, saline, ayant la saveur de l'alun; elle y est souvent à l'état d'efflorescence. Quelquefois aussi on la rencontre en petites masses cristallines; elle paraît particulière à d'autres thonschieffers de l'Amérique méridionale, car M. de Humboldt l'a observée dans ceux de la péninsule d'Araya, près de Cumana. Elle existe également dans ceux du Socono et de beaucoup d'autres localités. Dans les endroits où elle se trouve en certaine abondance, on la ramasse, et après l'avoir dissoute, on évapore la dissolution jusqu'à ce qu'elle soit assez concentrée pour se prendre en masse par le refroidissement. La matière ainsi obtenue se rencontre dans le commerce sous forme de calottes sphériques, qui ressemblent assez aux pains de camphre qu'on voit chez les droguistes; sa texture est celle du sel ammoniac : elle n'attire pas l'humidité de l'air, elle s'effleurit seulement à l'extérieur. Dans le pays, on la nomme *alumbre* (alun), et on l'emploie aux mêmes usages que ce sel. L'alun que j'ai analysé

vient des schistes noirs de transition qui existent près du Rio-Saldana, rivière qui se jette dans le Magdalena, entre Neyba et Honda.

5 grammes dissous dans l'eau ont laissé 0,02 gr. d'argile ; la dissolution a donné, par le nitrate de baryte, 5,57 gr. de sulfate, représentant 1,82 d'acide sulfurique.

5 autres gram. dissous ont également laissé 0,02 d'argile : par le carbonate d'ammoniaque on sépara 0,83 d'alumine, qui, traités par la potasse, abandonnèrent 0,02 gr. d'oxide de fer et 0,01 de chaux. La liqueur de laquelle on avait séparé l'alumine fut évaporée à siccité ; les sels ammoniacaux chassés, il n'est pas resté de résidu appréciable ; d'où il suit que l'alun du Saldana ne contient pas d'alcali.

Pour doser l'eau, on essaya à plusieurs reprises de calciner avec précaution l'alun réduit en poudre ; mais les résultats ont trop varié entre eux pour qu'on ait pu en adopter un seul.

En dosant l'eau par différence, d'après l'acide sulfurique et l'alumine déjà obtenus, on aurait 2,33 gr. pour le poids de ce liquide.

Afin de s'assurer de l'exactitude de ce nombre, on a calciné pendant deux heures 5 gr. d'alun ; on a obtenu 0,85 d'alumine parfaitement blanche ; la perte en acide et en eau a donc été de 4,15 gr. ; ce qui donne très-exactement 2,33 pour l'eau.

L'alun du Saldana est donc composé de :

			Contenant
Acide sulfurique.	1,82.	Pour ₤ 36,40	oxigène 21,79
Alumine......	0,80	16,00	07,47
Eau..........	2,33	46,60	41,25
Oxide de fer....	0,02	00,04	
Chaux.........	0,01	00,02	
Argile.........	0,02	00,04.	
	5,00	100,00.	

Il est évident, d'après les quantités d'oxigène contenues dans l'acide sulfurique, l'alumine et l'eau, que cet alun est véritablement un sulfate neutre d'alumine dans lequel l'oxigène de la base est à l'oxigène de l'acide comme 1 : 3. On peut donc exprimer sa composition par

Acide sulfurique...	36,08	3 atomes;
Alumine...........	15,38	1 atome;
Eau..............	48,54	18 atomes.
	100,00.	

Le signe chimique représentant cette composition doit être :

$$\ddot{\dot{A}}l\ \ddot{\dot{S}}^3 + 18\,Aq,$$

et la formule minéralogique

$$A^3\,Su^9 + 18\,Aq.$$

Bogotà, 1er mai 1825.

ERRATA.

Tome XXIX, page 373, ligne 1, *au lieu de* Gerhardi, *lisez*, Gherardi.

——— page 388, ligne 7, *au lieu de* cos β, *lisez*, $\cos^2 \beta$.

——— page 390, lignes 16 et 17, *aux dénominateurs* $\beta''_{,}$, *lisez*, $\beta'_{,,}$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Septembre* 1825.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	757,77	+20,8	68	757,13	+23,2	50	756,30	+24,6	40	756,88	+21,2	60	+24,6	+14,5	Beau.	E. N. E.
2	758,88	+19,9	76	758,68	+23,8	61	758,20	+24,5	61	759,25	+20,3	79	+24,5	+12,8	Beau.	N.
3	761,47	+16,7	87	760,66	+20,7	63	759,44	+21,9	58	758,75	+18,7	72	+21,9	+13,2	Couvert.	N. O.
4	756,75	+16,8	92	755,56	+18,3	75	755,04	+19,8	64	755,62	+14,0	75	+19,8	+14,0	Couvert.	N. O.
5	756,04	+16,4	81	755,06	+18,6	66	755,40	+18,2	70	756,37	+13,4	95	+18,6	+ 9,2	Très-nuageux.	N. O.
6	756,10	+15,5	78	755,48	+17,0	66	754,54	+18,8	65	754,62	+12,5	87	+18,8	+11,5	Nuageux.	N. N. O.
7	753,04	+17,5	77	752,00	+22,0	61	750,90	+23,0	50	750,36	+18,1	81	+23,0	+10,2	Nuageux.	S. O.
8	750,10	+20,4	61	749,48	+23,2	50	749,06	+23,4	62	749,63	+18,3	90	+23,4	+12,5	Nuageux.	S. O.
9	752,00	+18,9	82	751,98	+22,2	65	751,78	+22,5	60	752,41	+17,5	80	+23,3	+15,0	Nuageux.	N. O.
10	751,78	+20,3	70	750,68	+23,4	50	749,20	+24,5	45	748,40	+19,0	55	+24,5	+10,8	Nuageux.	S.
11	748,52	+24,0	65	747,80	+27,1	59	746,90	+26,1	59	748,27	+16,0	99	+27,1	+16,0	Couvert.	S.
12	754,47	+20,0	93	755,10	+22,9	81	751,97	+22,6	77	754,67	+15,8	96	+22,9	+15,0	Très-nuageux.	S.
13	751,22	+19,7	94	750,74	+23,0	87	749,97	+22,9	85	747,73	+18,2	97	+23,8	+16,7	Pluie.	S. S. E.
14	743,20	+15,3	97	742,74	+18,0	97	742,13	+19,2	91	741,60	+16,8	97	+20,3	+15,0	Couvert.	S.
15	745,49	+17,5	96	747,20	+20,9	91	748,76	+20,2	94	752,65	+15,0	98	+20,9	+14,9	Nuageux.	O.
16	755,84	+19,1	91	756,00	+21,3	94	755,57	+22,5	90	754,80	+18,8	98	+22,5	+11,6	Couvert	S.
17	755,25	+20,5	97	754,25	+23,7	89	753,56	+25,0	81	753,24	+20,7	95	+25,7	+16,7	Nuageux.	S.
18	756,43	+18,5	93	756,36	+21,3	85	755,74	+21,3	77	755,90	+16,8	97	+21,3	+15,7	Couvert.	S.
19	756,78	+19,7	91	756,36	+23,7	73	755,52	+25,0	70	754,98	+17,5	91	+25,0	+14,0	Nuageux.	S. O.
20	755,49	+22,8	90	754,64	+25,5	80	753,18	+26,6	67	751,40	+22,0	89	+26,6	+15,0	Nuageux.	S. S. O.
21	751,46	+23,0	81	752,10	+24,5	73	752,04	+24,5	68	751,60	+17,5	91	+25,0	+17,2	Nuageux.	S. O.
22	754,18	+18,8	85	754,80	+19,6	79	755,28	+20,0	76	756,45	+16,0	91	+20,5	+13,8	Couvert.	S. O.
23	759,26	+18,2	88	759,72	+17,0	96	759,42	+19,5	94	760,70	+17,1	98	+19,5	+13,2	Pluie, brouillard.	O. S. O.
24	762,37	+19,6	89	762,30	+21,8	81	761,24	+22,8	65	761,50	+18,1	94	+22,8	+16,0	Nuageux.	S. O.
25	761,94	+19,2	91	761,50	+23,7	66	760,56	+23,5	64	759,38	+21,0	90	+23,8	+11,5	Beau.	S. O.
26	758,15	+19,5	87	757,85	+24,0	69	757,07	+24,0	77	758,53	+15,6	98	+24,8	+13,2	Trouble. et nuageux.	O.
27	761,67	+16,2	93	761,13	+18,9	73	761,47	+19,0	67	762,80	+13,2	92	+19,0	+11,1	Nuageux.	O.
28	764,84	+13,2	96	764,35	+17,1	78	763,34	+19,0	65	763,36	+14,5	82	+19,0	+11,2	Nuageux.	N. E.
29	762,35	+12,6	79	761,17	+17,4	56	759,30	+18,9	46	758,44	+13,9	69	+18,9	+ 9,7	Beau.	E.
30	756,10	+13,4	76	755,84	+17,8	68	755,06	+20,5	62	754,28	+18,5	84	+20,8	+ 8,1	Nuages clairs.	E.
31																
1	755,39	+18,3	78	754,81	+21,2	61	754,00	+22,1	57	754,23	+17,3	77	+22,2	+12,4	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	752,27	+19,7	91	752,12	+22,7	84	751,63	+23,1	79	751,52	+17,8	96	+23,6	+15,1	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 5,495
3	759,23	+17,4	87	759,08	+20,2	74	758,48	+21,2	69	758,80	+16,5	89	+21,4	+12,5	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 5,390
	755,63	+18,5	85	755,34	+21,4	73	754,70	+22,1	68	754,85	+17,2	87	+22,4	+13,3	Moyennes du mois, +17°,9.	

RECHERCHES *relatives à l'Influence de la température sur les forces magnétiques.*

PAR Mr A.-F. KUPFFER,
Professeur à l'Université de Casan en Russie.

§ 1er. LA manière la plus simple de mesurer l'influence que la chaleur exerce sur l'intensité des forces magnétiques, est de faire osciller à diverses températures une aiguille aimantée et horizontalement suspendue. Les tableaux suivans réunissent quelques observations de ce genre. L'aiguille dont je me servais était en acier fondu, parfaitement cylindrique, de 0m·057 de longueur et de 2gr·395 de poids. Elle reposait dans un petit anneau de cuivre, suspendu à un assemblage de trois ou quatre brins de soie.

1re SÉRIE.

TEMPÉRATURE.	DURÉE de 300 oscillations.	HEURE de l'observation.	DATE de l'observation.
8° ½ R.	777 ½"	11 ½ m.	1 mars 1825
9	778	9 ¼ m.	....
9½	778	9 ½ s.	28 février.
10½	778	9 m.	....
13	779½	8 ½ s.	27 février.
15	779½	1 s.	28 février.
18	781	1 ¾ s.	27 février.

2e SÉRIE.

Température.	Nombre des oscillations comptées.	Durée des oscillations.	Heure de l'observation.	Date de l'observation.
10° R.	300	784″ ½	9 m.	2 mars.
11	300	786	10 ½ s.	1
11	300	786 ½	10 m.	2
11	150	393	10 s.	2
11	200	524	10 ¼ m.	3
12	150	393 ½	5 ½ s.	2
13	150	393 ½	11 ½ m.	2
13	200	526	11 m.	3
20	150	397	1 s.	2

Ces observations paraissent suffisantes pour démontrer que l'intensité de la force magnétique d'une aiguille diminue à mesure que la température s'élève. Cependant, comme elles ont été faites à des heures très-différentes de la journée, on pourrait croire qu'une variation diurne dans l'intensité du magnétisme terrestre est la cause des différences observées dans la durée des oscillations. Pour éviter cette objection, j'ai observé cette durée aux mêmes heures pendant deux jours consécutifs, en faisant varier la température de $-1\frac{1}{2}$ d. jusqu'à 28 d. d'un jour à l'autre; ce qui était très-facile en hiver en ouvrant la croisée. Voici le résultat de ces observations qui confirment la loi que je viens d'énoncer.

3e SÉRIE.

Heure de l'observation.	Température.	Nombre des oscillations comptées.	Durée des oscillations.	Date de l'observation.
9 m.	— $1^{\circ}\frac{1}{2}$ R.	300	$791\frac{1}{2}$	7 mars.
9 m.	+ 10	300	$797\frac{1}{2}$	8
10 m.	+ 5	300	793	7
10 m.	+ $11\frac{1}{2}$	300	$797\frac{1}{2}$	8
$2\frac{1}{2}$ s.	+ 26	150	402	7
2 s.	+ 26	300	805	8

Ces observations ne nous font pas seulement voir que les variations diurnes du magnétisme terrestre ne doivent pas expliquer seules les variations de la durée des oscillations de l'aiguille qui ont lieu à des heures différentes de la journée ; mais elles nous serviront aussi à déterminer approximativement le rapport qui existe entre la durée des oscillations et la température. De — $1^{d.}\frac{1}{2}$ à $10^{d.}$, c'est-à-dire, dans l'intervalle de $11^{d.}\frac{1}{2}$, cette durée a augmenté de 6″ sur $791''\frac{1}{2}$; de — $1^{d.}\frac{1}{2}$ jusqu'à + $26^{d.}$, c'est-à-dire, dans l'intervalle de $27^{d.}\frac{1}{2}$, elle a augmenté de $13''\frac{1}{2}$: ce qui fait voir que dans l'intervalle de 0° à 30° R., à-peu-près, chaque degré de chaleur augmente d'une demi-seconde la durée des 300 oscillations de l'aiguille qui a servi aux expériences.

Ces données suffisent pour réduire à la même température les observations précédentes ; nous verrons alors si chacune de ces observations embrasse un assez grand nombre d'oscillations pour démontrer l'existence d'une variation diurne de l'intensité du magnétisme terrestre, qui a été annoncée par plusieurs physiciens. Les

observations précédentes, réduites à la température de 10^d, donnent successivement pour la durée de 300 oscillations :

1[re] Série : $778\frac{1}{4}$, $778\frac{1}{2}$, $778\frac{1}{4}$, $777\frac{3}{4}$, 778, 778, 777.

2[e] Série : $784\frac{1}{2}$, $785\frac{1}{2}$, 786, $785\frac{1}{2}$, $785\frac{1}{2}$, 786, $785\frac{1}{2}$, $787\frac{1}{2}$, 789.

3[e] Série : $797\frac{1}{4}$, $797\frac{1}{2}$, $795\frac{1}{2}$, $796\frac{3}{4}$, 796, 797.

Ces valeurs diffèrent trop peu entre elles pour qu'on puisse en tirer aucune conséquence rigoureuse sur les variations diurnes de l'intensité du magnétisme terrestre; d'autant plus que cette aiguille était fraîchement aimantée et perdait quelque chose de son magnétisme à chaque élévation de température, comme nous verrons plus tard.

§ 2. Les observations précédentes embrassent un trop petit nombre de degrés de température pour donner avec exactitude la loi du décroissement des forces magnétiques par la chaleur. Pour avoir des données plus précises, j'établis un barreau récemment aimanté de $0^{m.},5$ de longueur, parallèlement au-dessous d'une aiguille suspendue horizontalement, de sorte que les poles qui s'attirent étaient du même côté : par conséquent les oscillations de l'aiguille furent accélérées par la force magnétique du barreau. L'aiguille était des mêmes dimensions que celle qui a servi aux observations précédentes ; elle faisait, soustraite à l'action du barreau, 300 oscillations (1) en 742″ à 13° R. de tempé-

(1) J'ai compté pour une oscillation l'arc entier parcouru par le bout de l'aiguille depuis son plus grand écart vers l'est jusqu'à son plus grand écart vers l'ouest.

mature; elle faisait le même nombre d'oscillations en 429″ à la même température, après avoir placé le barreau dans la position indiquée ci-dessus. Le barreau était plongé dans de l'eau, dans une cuvette de cuivre rouge; j'échauffai cette eau jusqu'à 80° R., et je comptai le nombre de secondes que l'aiguille employa pour faire 300 oscillations; puis je laissai refroidir tout et comptai de nouveau. Voici les résultats de cette expérience :

PREMIER TABLEAU.

TEMPÉRATURE du barreau.	DURÉE de 300 oscillations.
13°.R.	429″
80	476
21	464 ½
(13)	(463)
11	462 ½

Ces observations nous font voir que l'intensité de la force magnétique diminue par la chaleur; on voit en même temps qu'un barreau aimanté à la température de 13° R., étant chauffé jusqu'à 80° et puis refroidi, ne revient pas à la même force magnétique qu'il possédait avant d'être chauffé. Cela ne peut tenir qu'à une perte de magnétisme occasionée par la chaleur, et indépendante des variations de l'intensité de la force magnétique à diverses températures. On peut donc distinguer deux grandeurs différentes que nous désignerons par p et q. La première, p, exprimera l'intensité de la force magnétique du barreau à 13° de température, lors-

qu'après avoir été chauffé jusqu'à 80°, on l'a refroidi jusqu'à la température ordinaire de 13°, la force du même barreau avant d'être chauffé étant posée égale à l'unité; la seconde, q, sera l'intensité de la force magnétique du barreau à 80°, celle à 13° étant prise pour unité. En divisant 300 par 429 et élevant au carré, on trouve la force qui a sollicité l'aiguille oscillante dans le commencement de l'expérience. Cette force est composée de la force exercée par le barreau aimanté et de celle exercée par le magnétisme terrestre; il faut donc retrancher du nombre trouvé la force exercée par l'aimant terrestre, qui est égale au carré de $\frac{300}{742}$: car 742 est la durée de 300 oscillations de l'aiguille, après l'avoir soustraite à l'action du barreau aimanté. En substituant dans ce calcul 463 à 429, on aura la force qui était restée au barreau, après avoir passé par la température de l'eau bouillante. On trouve de cette manière, que la force exercée par le barreau à 13° R. étant supposée égale à l'unité, elle est réduite à 0,787487 quand on l'a chauffé jusqu'à 80° R. Ce nombre exprime donc la valeur de p. On trouve celle de q en opérant de la même manière avec les nombres 476 et 463, c'est-à-dire, avec les durées de 300 oscillations d'abord à 80° et ensuite à 13°. Ce calcul donne

$$q = 0,911771,$$

où l'intensité de la force magnétique du barreau, après être revenue à la température ordinaire de 13°, est supposée égale à l'unité.

Les expériences furent répétées avec quatre barreaux différens. Le premier, que nous désignerons par I, était

de 0m.,17 de longueur, de 0m.,018 de largeur, de 0m.,003 d'épaisseur, et d'un acier fortement trempé. Le second (II) était le même qui a servi à l'expérience contenue dans le 1er tableau; il était de 0m.,5 de longueur, de 0m.,015 de largeur et 0m.,004 d'épaisseur, en acier fondu trempé. Le troisième (III) était une verge de fer doux passé à la filière, de 0m.,5 de longueur et de 0,005 de diamètre. Le quatrième (IV) enfin était un morceau de fer doux, fraîchement forgé, de 0m.,496 de longueur, et de 0m.,03 en carré d'épaisseur.

1re *Epreuve.* Le barreau I fut aimanté, plongé dans de l'eau bouillante, et, après son refroidissement, soumis à l'expérience. L'aiguille suspendue, soustraite à l'action de l'aimant, faisait 300 oscillations en 742″. Les nombres entre parenthèses ont été trouvés par interpolation.

DEUXIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURE du barreau.	NOMBRE des oscillations comptées.	DURÉE OBSERVÉE de ce nombre d'oscillations.
(13°)	(300)	(589″½)
15	200	600
80	150	306
45	120	242
26	250	460
18	300	597½
15	300	597
(13)	300	596½

$p = 0,936733$

$q = 0,854672.$

2ᵉ *Expérience*. Le même barreau I, après avoir été seulement nettoyé de l'oxide qui s'était formé par l'action de l'eau chaude, fut mis de nouveau en expérience. Il fut d'abord couvert de neige, puis chauffé peu à peu jusqu'à 80°, et puis abandonné au refroidissement spontané. L'aiguille oscillante, soustraite à l'action du barreau, faisait encore 300 oscillations en 742″.

TROISIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURE du barreau.	NOMBRE des oscillations comptées.	DURÉE des oscillations.
0°	300	599
(15)	300	(602 $\frac{1}{2}$)
80	300	630
65	150	313
38	200	410 $\frac{1}{2}$
24	300	613
17 $\frac{1}{2}$	300	610
13	300	608 $\frac{1}{2}$

$$p = 0{,}942387$$
$$q = 0{,}795125.$$

3ᵉ *Expérience*. Le barreau II fut disposé au-dessus d'une aiguille oscillante, parallèlement à sa longueur, de sorte que les poles homologues se regardaient. L'aiguille, soustraite à l'action du barreau, faisait 300 oscillations en 738″.

QUATRIÈME TABLEAU.

Température du barreau.	Durée de 300 oscillations.
10°	845
9	843
(13)	(842½)
80	820
30	827
15	829
(13)	829½
10	830
0	851

$$p = 0{,}895839$$
$$q = 0{,}911482$$

4e *Expérience.* Le même barreau II, qui avait déjà été chauffé jusqu'à 80°, fut remis de nouveau en expérience. L'aiguille suspendue, soustraite à l'action du barreau, faisait 300 oscillations en 742″.

CINQUIÈME TABLEAU.

Température du barreau.	Durée de 300 oscillations.
0°	472″
10	473
12	474½
22	476
30	478
42	481½
80	490
35	489
20	485½
18	484½
15	484
(13)	(483½)

$p = 0,92763$

$q = 0,893707.$

5e *Expérience.* Le barreau II fut aimanté de nouveau et soumis à la même opération. Les résultats de cette expérience ont été donnés dans le premier tableau.

$p = 0,787487$

$q = 0,911771.$

6e *Expérience.* Le barreau II fut aimanté de nouveau avant de le remettre en expérience. L'aiguille, soustraite à l'action du barreau, faisait 300 oscillations en 751″.

SIXIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURE du barreau.	NOMBRE des oscillations comptées.	DURÉE de ce nombre d'oscillations.
12	400	564
(13)	(400)	(565)
80	400	648
25	500	$791\frac{1}{2}$
15	500	787

$p = 0,714378$

$q = 0,907446.$

7e *Expérience.* Le même barreau II fut laissé dans la même position et chauffé de nouveau jusqu'à 80°.

SEPTIÈME TABLEAU.

Température du barreau.	Durée de 400 oscillations.
80°	658
15	636

$$p = 0,96691.$$
$$q = 0,88973.$$

8e *Expérience.* Le barreau III de fer doux, passé à la filière, fut aimanté et soumis à la même expérience. L'aiguille suspendue, soustraite à l'action du barreau, faisait encore 300 oscillations en 751".

HUITIÈME TABLEAU.

Température du barreau.	Durée de 300 oscillations.
12	569
80	577
29	$574\frac{1}{2}$
14	766

$$p = 0,955265$$
$$q = 0,979151.$$

9e *Expérience.* Le même barreau fut laissé dans la même position et chauffé de nouveau.

NEUVIÈME TABLEAU.

Température du barreau.	Durée de 400 oscillations.
80°	771
15	768

$$p = 0,987455$$
$$q = 0,981136.$$

10e *Expérience.* Le barreau IV, en fer doux forgé, fut soumis au même procédé.

DIXIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURE du barreau.	NOMBRE des oscillations comptées.	DURÉE des oscillations.
7	200	550 $\frac{1}{4}$
13	300	826 $\frac{1}{2}$
14	200	551 $\frac{1}{4}$
52	100	835 $\frac{1}{2}$
75	75	210
80	300	840
50	300	839
30	200	559
20	100	279 $\frac{1}{2}$
15	300	838
13	300	838

$$p = 1,12910$$
$$q = 1,019386.$$

11[e] *Expérience*. Le même barreau fut chauffé de nouveau, sans le déranger de sa position.

ONZIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURE du barreau.	NOMBRE des oscillations comptées.	DURÉE des oscillations.
80	300	843 $\frac{1}{2}$
47	240	673
24	200	560
15	300	840
13	300	840

$$p = 1,019386$$
$$q = 1,037754.$$

12°. Les observations du § 1 nous ont fait voir que la durée de 300 oscillations dans l'intervalle de 0° à 30° augmente de 0″5 pour chaque degré de chaleur. Nous verrons tout-à-l'heure que les accroissemens de la durée, dans l'intervalle de 0° à 80°, sont à-peu-près proportionnels aux accroissemens de la température. Nous pouvons donc admettre que la durée de 300 oscillations étant de 798″ à 13° de température, elle sera de 831″$\frac{1}{2}$ à 80°. La relation entre les carrés de ces deux nombres exprime la valeur de q, qu'on trouve égale à

$$0,921045.$$

Cette aiguille n'avait de trempe que celle qu'elle avait acquise en passant par la filière.

§ 3. Il nous reste encore à déterminer la loi des décroissemens de l'intensité du magnétisme par la chaleur. Le deuxième tableau nous fait voir que, posant la durée de 300 oscillations égale à 596″ à 10° de température, lorsque le barreau s'est refroidi de nouveau, l'accroissement de cette durée, depuis 10° jusqu'à 45°, est égal à celui de 45° à 80°. Les accroissemens de la durée de 300 oscillations sont donc en raison simple des accroissemens de la température; et comme dans cet intervalle, les accroissemens de la durée sont à-peu-près en raison simple inverse des accroissemens des forces magnétiques, on peut établir la loi :

Que l'intensité de la force d'un barreau aimanté diminue par la chaleur, de sorte que ces décroissemens sont en raison simple des accroissemens de la chaleur.

Soit C la force exercée par l'aimant terrestre sur l'aiguille oscillante dans les expériences précédentes; soit x

le nombre de secondes que cette aiguille emploie pour faire n oscillations à 13° R. de température; soit F la force exercée par le barreau à la même température, on aura:

$$F = \frac{n^2}{x^2} - C,$$

et par conséquent

$$x = \frac{n}{\sqrt{(C+F)}}$$

Désignant donc par x' le nombre de secondes que la même aiguille emploie pour faire n oscillations à la température t (dans l'échelle de Réaumur), nous aurons par ce qui précède:

$$x' = \frac{n}{\sqrt{\left(C + F - \frac{(1-q)F}{67}(t-13)\right)}}$$

Dans le premier tableau, on trouve

$C = 0{,}163469$; $F = 0{,}256368$; $q = 0{,}911771$; mettons $t = 21°$. Les valeurs substituées dans la formule, donnent $x' = 464'',49$; l'observation donne $x = 464{,}5$.

La même formule appliquée aux autres tableaux donne:

4e TABLEAU.		5e TABLEAU.		6e TABLEAU.	
Valeur calculée de x'.	Valeur observée de x'.	Valeur calculée de x'.	Valeur observée de x'.	Valeur calculée de x'.	Valeur observée de x'.
596,16	597,0	483,94	484	790,97	791,5
597,64	597,5	484,61	484,5		
459,97	460,0	485,05	485,5		
241,58	242,0	488,43	489,0		

Les différences entre les résultats de l'observation et ceux du calcul ne sortent pas des limites assignables aux erreurs possibles dans des observations si délicates; on peut donc admettre que la formule énoncée ci-dessus est rigoureuse.

§ 4. La valeur de p est trop variable pour espérer de découvrir la loi à laquelle elle pourrait être soumise. Cette valeur dépend probablement de la distribution du magnétisme qui est variable, et qui, à cause de l'homogénéité imparfaite des barreaux, et peut-être aussi à cause de l'imperfection de nos méthodes d'aimantation, n'est pas uniforme dans le même barreau. Cependant on obtient quelquefois des résultats assez satisfaisans, quand on se sert d'une aiguille suspendue horizontalement, qu'on fait osciller avant et après l'avoir plongée dans de l'eau bouillante. Voici quelques observations de ce genre qui s'accordent assez bien, et font entrevoir une loi très-simple suivant laquelle se perd le magnétisme libre d'un barreau aimanté, dans des températures successivement élevées jusqu'à celle de l'eau bouillante. Je préviens, toutefois, le lecteur que plusieurs autres observations, que je ne cite pas, ne s'accordent pas si bien, et je me réserve d'établir leurs résultats avec plus de rigueur quand j'en aurai rassemblé un plus grand nombre. 1°. Une aiguille de $7 \frac{1}{3}$ centimètres de longueur, en acier fondu passé à la filière, parfaitement cylindrique, fut aimantée; elle employa 578 secondes de temps pour faire 200 oscillations. Elle fut jetée à plusieurs reprises dans de l'eau bouillante, où elle resta plongée pendant dix minutes. Après chaque nouvelle immersion, le nombre de secondes qu'elle employa pour

faire 200 oscillations fut compté de nouveau. Voici les résultats de deux séries d'expériences :

	1re Série.	2e Série.
Avant l'expérience, l'aiguille fit 200 oscillations en........	578″	578″
Après la 1re immersion.......	$633\frac{1}{2}$	$637\frac{1}{2}$
Après la 2e..............	643	642
Après la 3e..............	$649\frac{1}{2}$	645
Après la 4e..............	652	647
Après la 5e..............	652	$650\frac{1}{2}$
Après la 6e..............		652
Après la 7e..............		652

$$p' = \frac{(578)^2}{(652)^2} = 0{,}7859.$$

2°. La même aiguille fut aimantée plus faiblement et plongée dans de l'eau bouillante à plusieurs reprises, comme au n° 1.

	1re Série.	2e Série.
Avant l'immersion, l'aiguille fit 200 oscillations en........	582″	100 osc. en 449″
Après la 1re immersion.......	$641\frac{1}{2}$	462
Après la 2e..............	$646\frac{1}{2}$	$463\frac{1}{2}$
Après la 3e..............	$650\frac{1}{2}$	464
Après la 4e..............	652	
Après la 6e..............	652	

La première série donne $p' = 0{,}79495$; la seconde, $p' = 0{,}9364$.

3°. La même aiguille, aimantée de nouveau, fit 200 oscillations en 581″. Je la plongeai dans de l'eau de 30° R. ; après l'avoir retirée, elle employa 589″ pour faire le même nombre d'oscillations. Je répétai cette opération avec de l'eau de 40°, 50°, 60°, 70° et 80° : les résultats sont réunis dans le tableau suivant :

TEMPÉRATURE de l'eau.	DURÉE de 200 oscillations.	DIFFÉRENCES.	
10°	581″	(3)	
(20)	(584)	5	
30	589	7	(a)
40	596	9	
50	605	11	
60	616	13	
70	629	15	
80	644 ½		

Les nombres entre parenthèses n'ont pas été trouvés par l'observation.

Dans ce tableau, la loi des accroissemens de la durée des oscillations est très-simple; ces accroissemens sont en raison du carré des accroissemens de la température; mais on réussit rarement à trouver un accord aussi parfait entre l'observation et le calcul. Voici quelques observations avec la même aiguille qui s'en écartent considérablement.

TEMPÉRATURE de l'eau.	DURÉE de 200 oscillations.	TEMPÉRATURE de l'eau.	DURÉE de 200 oscillations.	
10°	597	60°	649	
30	611 ½	70	659	(b)
40	621	80	670	
50	635			

Une aiguille en fer doux passé à la filière, de 7 centimètres de longueur, a donné les résultats suivans:

TEMPÉRATURE de l'eau.	DURÉE de 100 oscillations.	
	1re Série.	2e Série.
10°	505″	505″
30	. . .	525
40	534	532
50	. . .	539
60	543	541
70	. . .	$543\frac{1}{4}$
80	547	547

Ces expériences donnent $p=0,8543$; les expériences (*a*) donnent $p=0,8127$, et l'observation (*b*), $p=0,7940$.

§ 5. Lorsqu'on n'échauffe qu'une extrémité d'un barreau aimanté, l'intensité de la force magnétique s'y affaiblit, et la distribution du magnétisme se trouve un peu changée. Pour rendre sensible ce phénomène, on dispose un barreau aimanté à côté et parallèlement à une aiguille suspendue horizontalement, de sorte que les poles opposés du barreau et de l'aiguille se trouvent du même côté. L'aiguille ne restera dans le méridien magnétique qu'à moins que son point d'indifférence et celui du barreau ne se trouvent sur la même ligne perpendiculaire à l'aiguille : on trouve facilement cette position en essayant plusieurs positions du barreau, jusqu'à ce qu'on en trouve une où la déviation de l'aiguille est nulle. Maintenant l'on dérange un peu le barreau (le laissant toutefois parallèle à l'aiguille), de sorte que son point d'indifférence se rapproche d'un des poles de l'aiguille ; ce pole sera repoussé parce que

le pole opposé de l'aiguille est plus fortement attiré par le pole correspondant du barreau qui s'est approché, tandis que le premier s'est éloigné.

Replaçons le barreau dans sa première position, où la déviation de l'aiguille est nulle; chauffons le pole boréal du barreau; le pole austral de l'aiguille, qui se trouve du même côté que le pole boréal du barreau, sera attiré. Cela fait voir que le point d'indifférence s'éloigne du pole échauffé, ou, ce qui revient au même, du pole dont la force magnétique diminue; ce qui est conforme à la loi de la distribution du magnétisme dans les barreaux aimantés, découverte par Coulomb, et développée par Ch. Biot, dans son *Traité de Physique*: car, nommant A et B la charge magnétique des deux extrémités du barreau; y la quantité de force magnétique libre dans un point quelconque; x la distance de ce point à l'extrémité A, et enfin $2l$ la longueur du barreau, on a l'équation

$$y = A\mu^{x} - B\mu^{2l-x},$$

où μ est une grandeur constante. En faisant $y = 0$, on a la valeur de x qui correspond au point d'indifférence: désignant cette valeur par x', on a

$$\log A - \log B = 2 \log \mu \, (l - x'),$$

ou

$$x' > l \text{ si } B > A, \text{ et } \mu\, x' < l \text{ si } A > B.$$

Si l'on retourne le barreau aimanté, de sorte que les poles homologues du barreau et de l'aiguille se trouvent du même côté, il y a répulsion du pole de l'aiguille, situé du côté de l'extrémité du barreau qu'on échauffe, et attraction pendant le refroidissement.

Voici maintenant quelques expériences qui peuvent servir d'exemples pour la loi générale que je viens de développer.

1re *Expérience.* Un barreau de $0^{m\cdot},5$ de longueur fut disposé à côté d'une petite aiguille horizontalement suspendue parallèlement à elle, de sorte que l'aiguille se trouvait dans le même plan horizontal avec le barreau, et à-peu-près à distance égale de ses deux extrémités. Le pole boréal du barreau était du côté du pole austral de l'aiguille, et réciproquement. L'aiguille n'était point déviée du méridien magnétique par l'action du barreau. Lorsque je chauffai une extrémité du barreau, le pole de l'aiguille, qui se trouvait du côté de cette extrémité, fut attiré, et l'aiguille s'éloigna du méridien magnétique jusqu'à un certain angle. J'ôtai le feu et j'abandonnai le barreau au refroidissement spontané; l'aiguille se rapprocha peu à peu de sa première position, sans cependant y revenir tout-à-fait.

Quand je refroidissais une extrémité du barreau en le couvrant de neige, l'effet était contraire; il y avait répulsion du pole de l'aiguille qui se trouvait du même côté.

Maintenant j'ôtai l'aiguille, j'inclinai légèrement le barreau, et je fis passer l'extrémité basse dans un vase rempli de neige, que j'échauffai peu à peu jusqu'à 56° R. A une petite distance de cette extrémité, je suspendis horizontalement une aiguille qui, soustraite à l'action du barreau, faisait 50 oscillations en 207″. A mesure que j'échauffai l'eau, la durée des oscillations de l'aiguille augmenta dans l'ordre suivant :

TEMPÉRATURE de l'extrémité du barreau.	DURÉE de 100 oscillations.
0°	275″ ½
13	276
40	278
56	279 ½
15	277 ½
11	277

2ᵉ *Expérience*. Un barreau de la même longueur fut placé horizontalement dans le méridien magnétique sur la ligne et à peu de distance d'une aiguille horizontalement suspendue ; l'aiguille faisait, à la température ordinaire, 200 oscillations en 284″ ; mais quand j'eus chauffé l'extrémité voisine de l'aiguille par la flamme d'une bougie, elle fit le même nombre d'oscillations en 293″, et après le refroidissement en 289″ ½. Quand je chauffai l'extrémité du barreau opposée à celle qui se trouvait du côté de l'aiguille, la durée des oscillations n'augmenta pas ; au contraire, elle diminua un petit peu ; car l'aiguille fit 200 oscillations en 288″ ½.

3ᵉ *Expérience*. Une aiguille de 7 centimètres et ⅔ de longueur, qui faisait 50 oscillations en 240″, fut chauffée alternativement aux deux extrémités, une fois chacune, pendant un quart d'heure. Après le refroidissement, l'aiguille fit 50 oscillations en 248″. Cette opération répétée, elle fit 50 oscillations en 252″. Je chauffai l'aiguille à une extrémité seulement : elle fit, après le refroidissement, 50 oscillations en 255″.

4ᵉ *Expérience*. Une barre de fer doux forgé fut placée

à côté et parallèlement à une aiguille suspendue horizontalement, dans une telle position que l'aiguille suspendue ne sortait pas du méridien magnétique. Le barreau se trouvait magnétique par l'action du magnétisme terrestre; son extrémité située vers le nord repoussait le pole boréal de l'aiguille, et son extrémité située vers le sud repoussait le pole austral de l'aiguille. Je chauffai le barreau à une de ses extrémités : le pole de l'aiguille qui se trouvait du même côté fut attiré; il aurait été repoussé si le barreau avait été aimanté : ce qui prouve que le point d'indifférence d'un barreau de fer doux, aimanté par l'action du magnétisme terrestre (dont la source est toujours présente et qui se distingue par là de la force d'un aimant ordinaire), s'approche de l'extrémité qu'on chauffe, et que, par conséquent, la force magnétique du fer doux augmente par la chaleur : ce qui est conforme aux observations du § 2, représentées dans le tableau 10 et 11.

Nous touchons ici à une branche particulière de la théorie du magnétisme, c'est-à-dire, à la théorie de la distribution du magnétisme dans les barreaux d'acier et de fer doux qui ne sont pas aimantés à saturation : ce dont je m'occuperai dans un Mémoire prochain.

Voici encore quelques observations sur l'intensité du magnétisme terrestre à différentes heures de la journée, tirées de mon journal de mai. L'aiguille avait à-peu-près les mêmes dimensions que l'autre; mais elle avait été plongée à plusieurs reprises dans de l'eau bouillante pour éviter la perte de force magnétique occasionée par chaque élévation de température.

1re SÉRIE.

DATE de l'observation.	HEURE de l'observation, au commencement.	TEMPÉRATURE,		DURÉE de 300 oscillations.
		Au commenc.	A la fin.	
Mai 1825.				
2	8 h. 40' matin.	12° R.	$12^{\circ}\frac{1}{2}$ R.	$723\frac{1}{2}$ sec.
	9 h. 57'.	13	13	724
	11 h. 9'	$14\frac{3}{4}$	$15\frac{1}{2}$	725
	11 h. 24'.	$15\frac{1}{2}$	16	725
	1 h. 16' ap. midi.	21	22	728
	6 h. 24'.	15	15	725
3	9 h. 24' matin.	13	13	724
	12 h. 45'.	13	13	724

Ces observations, réduites à 15° R., en supposant que chaque degré de chaleur retarde d'une demi-seconde la durée des oscillations, donnent

725", 725, 725, $724\frac{5}{8}$, $724\frac{3}{4}$, 725, 725, 725.

2e SÉRIE.

DATE de l'observation.	HEURE de l'observation, au commencement.	TEMPÉRATURE,		DURÉE de 400 oscillations.
		Au commenc.	A la fin.	
Mai 1825.				
10	9 h. 44' matin.	$11^{\circ}\frac{3}{4}$	$11^{\circ}\frac{3}{4}$	966"
	1 h. 8' ap. midi.	$11\frac{3}{4}$	$11\frac{3}{4}$	$965\frac{1}{2}$
11	11 h. 35' matin.	$13\frac{1}{5}$	$13\frac{1}{4}$	967
14	9 h. 58' matin.	12	12	967
15	9 h. 9' matin.	$11\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$	966
18	7 h. 25' matin.	11	$11\frac{1}{2}$	$966\frac{1}{4}$
	10 h. 39' matin.	$13\frac{1}{2}$	$13\frac{3}{4}$	967
	1 h. 57' ap. midi.	$19\frac{1}{2}$	19	970
	7 h. 7' soir.	14	$13\frac{1}{2}$	967

Ces observations, réduites à la même température, donnent aussi à-peu-près la même valeur. La durée de 300 oscillations est un peu plus grande que dans la série précédente, parce que, pour compter 400 oscillations, il fallait faire décrire des arcs plus étendus à l'aiguille. D'ailleurs, les observations faites avec des oscillations un peu considérables ne sont jamais très-exactes, et il faut bien faire attention, dans chaque série, de partir du même angle d'écartement de l'aiguille par rapport au méridien magnétique.

MÉMOIRE *sur les Roues verticales à palettes courbes mues par en dessous, suivi d'expériences sur les effets mécaniques de ces roues.*

Par Mr J.-V. PONCELET, Capitaine du Génie (1).

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

LES roues hydrauliques jusqu'à présent le plus généralement en usage, sont les roues verticales dites en *dessus* ou *à augets*, et les roues à *palettes* qui sont frappées en dessous. Les unes et les autres ont la propriété de n'exiger que peu d'emplacement, d'être faciles à surveil-

---

(1) Nous avions eu d'abord le projet de ne donner qu'un extrait de l'important Mémoire de M. Poncelet : cependant, en y réfléchissant davantage, nous nous sommes déterminés à le faire imprimer en entier. Les roues hydrauliques, dans le plus grand nombre de nos usines, sont certainement exécutées d'après les principes les plus vicieux ; mais tout le

ler et à réparer, enfin de transmettre immédiatement le mouvement dans un plan vertical, ainsi que l'exige le plus grand nombre des mécanismes usités dans les arts.

Quant aux roues horizontales imaginées ou perfectionnées en dernier lieu, telles que la *Danaïde*, la roue à *force centrifuge*, à *réaction*, et toutes celles à palettes courbes, qu'un ingénieur, M. Burdin, a désignées sous l'expression générale de *turbines*, elles paraissent convenir plus particulièrement aux établissemens qui exigent un mouvement de rotation direct dans le plan horizontal, avec une grande vitesse, comme sont, par exemple, les moulins à farine et autres. Les difficultés que présentent la construction et l'entretien de ces roues, la grandeur de l'emplacement qu'elles nécessitent dans le sens horizontal, emplacement infiniment plus coûteux que celui qui peut se prendre sur la hauteur des établissemens, restreignent beaucoup leur emploi, indépendamment de ce que la pratique n'est point encore suffisamment éclairée sur la quantité d'*action* ou d'*effet* qu'elles peuvent transmettre. A la vérité, la théorie assigne pour limite ou *maximum* de l'effet de ces roues, une quantité d'action égale à celle que possède le moteur; mais vu l'incertitude des données sur lesquelles se fonde le problême, il n'est guère possible de douter que cet effet ne soit in-

---

monde sait aussi quelle est la puissance des anciennes habitudes, et nous osons à peine nous flatter que l'utile modification apportée par M. Poncelet dans la forme des roues à palettes, recevra l'assentiment des mécaniciens, même quand ils connaîtront en détail les expériences démonstratives que nous mettons sous leurs yeux.

férieur à celui des roues à augets ou en dessous bien réglées et bien construites.

Ce sont probablement ces diverses raisons qui font qu'on s'en est tenu jusqu'à présent, ou du moins dans le plus grand nombre de cas, aux roues verticales dont j'ai parlé plus haut, et qu'on a cherché continuellement à les perfectionner et à en étudier les effets. C'est même à cet esprit de perfectionnement que l'on doit les roues verticales dites *de côté*, introduites seulement depuis quelques années dans les usines, et qui ne diffèrent, comme on sait, des roues à palettes et à augets, qu'en ce que l'eau se meut dans un coursier courbe embrassant une partie de la roue, et n'y est reçue qu'en un point intermédiaire entre le sommet et l'extrémité inférieure.

Les avantages des roues de côté consistent essentiellement en ce que, d'une part, l'eau y agit par pression, comme dans les roues à augets, en produisant en conséquence un meilleur effet que dans les roues à palettes mues par le choc; et d'une autre part, en ce qu'elles sont susceptibles d'utiliser, comme celles-ci, la plus petite chute d'eau, ce que ne font pas les roues en dessus, dont l'emploi est presque uniquement borné aux chutes qui dépassent 2 à 3 mètres, et qui ne fournissent pas une trop grande abondance d'eau.

D'ailleurs, les roues à palettes ordinaires ont pour elles l'avantage d'être d'une grande simplicité, de pouvoir s'appliquer partout, et principalement d'être susceptibles de se mouvoir avec une grande vitesse sans s'écarter du *maximum* d'effet qui leur est propre : ce qui ne saurait avoir lieu pour les autres sans leur faire

perdre la propriété qu'elles ont d'économiser une plus grande portion de la force motrice.

La condition d'une vitesse assez grande, par exemple, d'une vitesse qui surpasse 2 et 3 mètres, est fondée 1°. sur ce que les roues qui en sont animées, et les diverses autres pièces du mécanisme, forment alors *volans*, ou sont douées d'une quantité de force vive capable de maintenir l'uniformité du mouvement du système, malgré les secousses, les changemens brusques de vitesse de certaines pièces, et les variations périodiques des effets de la résistance ; 2°. sur ce que les *opérateurs* ou pièces travaillantes des machines, exigeant presque toujours une vitesse assez considérable pour la production d'un bon effet industriel, l'on serait obligé de placer, entre la résistance et la puissance, des engrenages plus ou moins multipliés, pour obtenir cette vitesse finale, si la roue motrice marchait lentement; de sorte qu'outre l'augmentation de dépense, il en résulterait un surcroît de résistances passives, ainsi que des embarras et des difficultés souvent insurmontables dans certaines localités.

Aussi arrive-t-il rarement que l'on voie, même des roues à augets, se mouvoir avec une vitesse moindre d'un mètre par seconde. Presque toujours, au contraire, on leur donne une vitesse qui surpasse 2 mètres, sans que pour cela on soit en droit de taxer d'ignorance les constructeurs qui les ont établies; car les chutes d'eau ayant alors au moins 3 à 4 mètres, ces sortes de roues produisent un effet qui est encore supérieur à celui des roues en dessous les mieux réglées. Quant aux roues de côté, on sait qu'à cause du jeu dans le coursier et de la

vitesse avec laquelle l'eau tend à s'échapper, on ne leur fait jamais parcourir moins de 2 à 3 mètres par seconde, ce qui absorbe en presque totalité les avantages qu'elles offrent sur les roues à palettes ordinaires, lorsque la chute est petite, par exemple, de deux mètres et au-dessous.

Ces diverses circonstances font que les roues à palettes ordinaires mues par en dessous, malgré leur défaut bien reconnu de ne donner qu'une faible portion de la force qu'on leur confie, continuent à être employées dans la pratique, surtout pour les pays de plaine, où les pentes sont naturellement très-faibles et les masses d'eau considérables, et où, par conséquent, on ne pourrait se procurer des chutes au-dessus de 2 mètres sans des constructions préparatoires extrêmement coûteuses, et souvent impraticables dans certaines localités. A moins donc d'être exclusif, et de vouloir rejeter entièrement les lumières de la pratique, si intéressée par elle-même à utiliser de la meilleure manière possible les forces de la nature, on est obligé de reconnaître que les roues en dessous sont, dans une foule de circonstances, les seules que l'on puisse employer avec succès et économie.

Les avantages des roues qui sont mues par en dessous étant ainsi bien constatés, et ces roues ne rendant jamais, excepté pour les très-petites chutes, plus des $\frac{3}{10}$ de la quantité d'action qu'on leur confie, et souvent même, par la disposition ordinaire des vannes et des coursiers, ne rendant guère que le $\frac{1}{4}$ ou le $\frac{1}{5}$ de cette quantité, on doit regarder comme des recherches extrêmement utiles celles qui ont été entreprises par divers savans, notamment par *Parent*, *Deparcieux*, *Smeaton*,

Borda, *Bossut*, le *chevalier Morosi*, etc., dans la vue, soit d'en éclairer la théorie, soit d'apporter des perfectionnemens ou des changemens utiles dans leur construction.

Ces perfectionnemens, comme on le sait, consistent principalement, 1°. à donner aux roues au moins 36 aubes ou palettes; 2°. à incliner ces aubes d'un angle de 15 à 30° sur les divers rayons; 3°. à faire plonger au plus ces aubes, dans l'eau, du $\frac{1}{4}$ ou du $\frac{1}{5}$ de leur hauteur; 4°, enfin, à placer sur chacune de leurs extrémités verticales des rebords ou liteaux d'environ 2 à 3 pouces de saillie.

Quelques auteurs ont aussi proposé d'employer des palettes légèrement concaves dans le sens transversal; d'autres ont donné aux roues en dessous la forme des roues à augets, en brisant les palettes. Fabre a prescrit de pratiquer un seuil et un élargissement au coursier sous l'axe de la roue, afin de faciliter le dégagement de l'eau, et d'augmenter son action impulsive; enfin, depuis quelque temps on a proposé de donner aux parois de la vanne la forme de la veine fluide, et de l'incliner le plus possible sous la roue, afin de diminuer la longueur de coursier que parcourt l'eau, et par suite la perte de vitesse qu'elle éprouve de la part de ses parois. Mais ces différens moyens, sauf le dernier et celui qui a été proposé par Morosi, n'ont jamais conduit à des augmentations d'effet bien sensibles pour la pratique; quant à ceux-ci, il est facile de les apprécier et d'assigner la limite de leur utilité respective.

Et d'abord, on voit que l'effet le plus avantageux que l'on puisse obtenir en inclinant le vannage en avant et

en donnant à ses parois latérales la forme de la veine fluide, c'est que la vitesse de l'eau soit sensiblement la même au sortir du réservoir et à l'endroit de la roue; de façon que sa force vive ou la quantité d'action de la chute ne soit pas altérée : dans cet état des choses, la quantité d'action transmise par la roue à aubes, au lieu de n'être que le $\frac{1}{4}$ ou le $\frac{1}{5}$ de celle de la chute, en sera, comme on sait, les $\frac{3}{10}$, ce qui est sans doute une grande augmentation d'effet. En second lieu, il résulte des expériences directes de M. Christian (*Mécanique industrielle*, tome I[er], page 270 et suiv.) que l'augmentation de pression due aux rebords latéraux de Morosi ne s'élève guère qu'à un ou deux dixièmes de la pression exercée sur les palettes ordinaires, du moins lorsque ces palettes sont immobiles et renfermées dans un coursier; il est même douteux que l'augmentation aille jusque là pour des roues bien construites, et qui ont peu de jeu dans le coursier, surtout quand, au lieu de les supposer immobiles, on les considère en mouvement. Ce serait donc beaucoup accorder que d'admettre que les rebords du chevalier Morosi puissent augmenter la quantité d'action *maximum* des roues à palettes de 0,2 de sa valeur; et comme cette dernière est moindre que les 0,3 de la quantité d'action totale possédée par l'eau au sortir du coursier, on voit que l'effet des rebords sera de faire produire aux roues tout au plus les 0,36 de cette quantité.

Maintenant si, au lieu de comparer l'action transmise à celle qui est effectivement possédée par l'eau, on voulait la comparer à celle qui est due à la chute totale de l'eau depuis son niveau dans le réservoir jusqu'à l'extré-

mité inférieure de la roue, quantité d'action qui est véritablement celle que l'on doit considérer dans la pratique, on trouverait probablement que, dans le grand nombre de cas, elle en est au plus les 0,32 ou les 0,33.

Dans cet état d'imperfection des roues verticales mues par en dessous, et d'après les avantages bien connus qui leur appartiennent d'ailleurs, et qui ont été discutés ci-dessus, j'ai cherché, tout en mettant à profit les principaux perfectionnemens déjà apportés à ces roues, à en modifier la forme de manière à leur faire produire un effet utile qui s'approchât davantage du *maximum* absolu, et ne s'éloignât guère de celui des meilleures roues en usage dans la pratique, et cela sans leur faire perdre la propriété qui les distingue d'être susceptibles d'une grande vitesse. Toute la question, comme on le sait d'après le principe des forces vives, consiste à faire en sorte que l'eau, n'exerçant aucun choc à son entrée dans la roue, la quitte également sans conserver aucune vitesse sensible.

En y réfléchissant, il m'a semblé qu'on parviendrait à remplir cette double condition en remplaçant les palettes droites des roues ordinaires par des palettes courbes ou cylindriques, présentant leur concavité au courant, et dont les élémens, à partir du premier, qui se raccorderait tangentiellement à celui de la circonférence extérieure de la roue, seraient de moins en moins inclinés au rayon, et formeraient ainsi une courbe ou surface continue. Il est visible que l'eau, arrivant sur les courbes avec une direction à-peu-près tangente à leur premier élément, s'y élèvera, sans les choquer, jusqu'à une hauteur due à la vitesse relative qu'elle possède, et redescendra

ensuite en acquérant de nouveau, mais en sens contraire du mouvement de la roue, une vitesse relative égale à celle qu'elle avait en montant. Ecrivant donc que la vitesse absolue conservée par l'eau en sortant de la roue est nulle, on trouve que les conditions du problême seront toutes remplies en donnant à la circonférence de cette roue une vitesse moitié de celle du courant, c'est-à-dire, précisément égale à celle qui convient aux roues à palettes ordinaires pour la production du *maximum* d'effet; d'où il suit que les roues à palettes courbes dont il s'agit ici, outre l'avantage de produire le plus grand de tous les effets possibles, auront encore celui de pouvoir être substituées immédiatement aux roues ordinaires sans changemens quelconques.

En ayant soin de disposer la vanne comme il a été dit ci-dessus, pratiquant d'ailleurs un ressaut et un élargissement au coursier à l'endroit où les courbes commencent à vider l'eau, afin de faciliter le dégorgement de celles-ci; plaçant enfin des rebords sur chaque côté des aubes courbes suivant la méthode de Morosi, ou, ce qui vaut mieux, enfermant ces aubes entre deux plateaux circulaires, comme on le fait pour les roues à augets, plateaux auxquels la théorie assigne d'ailleurs une largeur qui n'est que le quart de la hauteur de chute, on voit qu'au moyen de toutes ces dispositions, la nouvelle roue ne pourra manquer de donner des résultats très-avantageux et supérieurs à ceux que présentent les premiers perfectionnemens.

L'idée de substituer des palettes courbes aux palettes droites de l'ancien système paraît si naturelle et si simple, qu'il y a lieu de croire qu'elle sera venue à plus

d'une personne ; aussi n'ai-je pas la prétention de lui attribuer un grand mérite ; mais, comme les idées les plus simples sont fort souvent celles qui rencontrent le plus de difficultés à être admises, et qui inspirent le moins de confiance aux praticiens, je n'ai pas voulu m'en tenir à des aperçus purement théoriques. Sachant, d'ailleurs, que certains auteurs ont révoqué en doute l'utilité des applications de la mécanique rationnelle aux machines, j'ai cru qu'il serait utile d'entreprendre une suite d'expériences sur un modèle de roues à palettes courbes, tant afin de vérifier par les faits les lois ou formules déduites du principe des forces vives, aujourd'hui généralement adopté par les géomètres, que pour découvrir les coefficiens constans qui doivent multiplier ces formules, pour qu'elles deviennent immédiatement applicables à la pratique.

On verra que ces formules ont été confirmées aussi rigoureusement qu'on pouvait l'espérer dans des expériences de cette nature, et que le coefficient dont elles doivent être affectées dans les différens cas demeure compris entre les nombres 0,60 et 0,76, pour le modèle de roue mis en expérience. En partant de là d'ailleurs, et considérant ce qui doit arriver en grand lorsqu'on donne à l'ouverture de vanne et à la pente du coursier les dimensions convenables, on a pu conclure approximativement que la quantité d'action réellement transmise par une roue à palettes courbes pouvait, dans les cas d'une chute de $0^m,80$ à $2^m,00$, ne jamais être moindre que les 0,6, et souvent égaler les 0,67 de la quantité d'action due à la hauteur totale de l'eau du réservoir depuis son niveau supérieur jusqu'au point le

plus bas de la roue; ce qui, sans contredit, surpasse les résultats qu'on obtiendrait des roues de côté (1) et même des roues en dessus, dans le cas particulier dont il s'agit d'une petite chute.

Le Mémoire qui suit contient les principaux résultats des expériences et des calculs entrepris pour établir ces conséquences et plusieurs autres; il est divisé en trois parties : la première renferme la théorie et la construction générale de la nouvelle roue ainsi que des accessoires qui la concernent; la deuxième contient les diverses expériences qui ont été faites pour constater les lois de la théorie et les effets mécaniques de cette même roue : la troisième et la quatrième enfin sont relatives aux lois de l'écoulement de l'eau à travers la vanne et le coursier de l'appareil, lois qui étaient nécessaires pour connaître la quantité d'action réelle de l'eau à l'instant où elle agit sur la roue, et pour en déduire le rapport de cette quantité à celle qui est fournie par cette dernière dans le cas du *maximum* d'effet.

Je crois nécessaire de prévenir que les diverses expériences contenues dans ce Mémoire, et les calculs numériques qu'elles nécessitent, ont été établis simultanément dans les mois d'août et de septembre de l'année

(1) Il existe des expériences faites par M. Christian (*voyez* le tome 1er de sa *Mécanique industrielle*) sur une roue de côté, et d'où il résulte que ces roues ne transmettent que la moitié de la quantité d'action totale due à la chute : encore la vitesse imprimée était-elle faible et la chute assez forte. On arrive à la même conséquence par la formule qu'a donnée M. Navier pour ces sortes de roues.

1824, et que je dois à l'obligeance de M. le capitaine du génie Lesbros, et à son zèle pour l'avancement de la science, d'avoir été constamment aidé dans cette partie aussi délicate que pénible de mon travail.

PREMIÈRE PARTIE.

Description et Théorie des Roues verticales à palettes courbes mues par en-dessous.

1. La 1re fig. représente une roue verticale à palettes courbes, disposée de manière à éviter, autant que possible, le choc de l'eau et la perte de vitesse qui a lieu d'ordinaire après qu'elle a agi sur la roue. Ces palettes sont encastrées par leurs extrémités dans deux anneaux circulaires, à la manière des roues à augets, sans néanmoins recevoir de fond comme celles-ci; elles peuvent être composées de planchettes étroites lorsqu'on les exécute en bois, autrement elles doivent être d'une seule pièce, soit de fonte de fer ou de tôle, et alors on est dispensé de les encastrer dans les plateaux circulaires, en y adaptant des oreilles ou rebords cloués ou boulonnés sur ces plateaux. Dans certains cas, on trouvera plus avantageux de supprimer les anneaux et de les remplacer par des systèmes de jantes, ainsi que cela se pratique ordinairement pour les roues en dessous; les palettes courbes doivent alors être soutenues par des petits bras ou *bracons* en fer, dont la partie inférieure est boulonnée sur la jante après l'avoir traversée; le reste du bracon, plus mince et plié suivant la courbe qui sera examinée plus loin, devra être percé, de distance en distance, de petits trous pour recevoir les clous

ou boulonnets destinés à fixer l'ailette. Dans le cas dont il s'agit, il sera d'ailleurs utile, pour l'effet, de placer des rebords en saillie sur les ailettes suivant le système de Morosi : ces rebords peuvent avoir de 2 à 3 pouces de saillie.

2. Voici maintenant la principale disposition du coursier et du vannage :

Le coursier BC est incliné ici au $\frac{1}{10}$, dans la vue de restituer à l'eau la perte de vitesse occasionée par le frottement contre les parois ; son inclinaison peut sans inconvénient être beaucoup moindre, lorsque la lame d'eau est épaisse ou que la vitesse est petite, comme il arrive dans la plupart des cas. La largeur du coursier doit être égale, ou, ce qui vaut mieux encore, un peu moindre que celle des aubes de la roue. A cet effet, il convient de creuser dans ses parois latérales des renfoncemens circulaires DEC (fig. 1, 2 et 3), propres à recevoir les anneaux et une portion des aubes de la roue ; il doit exister le moins de jeu possible entre ces parois et les anneaux ; enfin on doit pratiquer un ressaut ou seuil EF à une certaine distance de la verticale de l'axe de la roue, afin de donner du dégagement à l'eau après sa sortie des courbes ; le coursier doit en outre être élargi (fig. 2) le plus possible aux environs de ce seuil, dans la vue de faciliter davantage ce dégagement. Quant à la retenue ou tête d'eau BO, il est nécessaire de l'incliner en avant de façon à rapprocher les parties de la roue ; et, sous ce rapport, il convient aussi de placer la vanne BR en dehors, en la composant d'une feuille de tôle forte, ou d'une plaque de fonte glissant dans une feuillure pratiquée dans les joues du coursier. La ma-

nœuvre peut s'effectuer au moyen d'un cric ou de toute autre manière.

Nous reviendrons plus tard sur ces diverses dispositions quand nous aurons établi, par la théorie et l'expérience, les données particulières de la question; il nous suffit, quant à présent, d'avoir donné une idée générale de l'appareil.

3. Pour établir la théorie de la roue dont il s'agit, nous considérerons que l'eau, en sortant du pertuis, prend une vitesse dont la direction est, à peu de chose près, tangentielle à la circonférence de cette roue; de sorte que si l'on suppose le premier élément de la courbe des ailes tangent lui-même ou à-peu-près tangent à cette circonférence, il n'y aura pas de choc sensible lors de l'entrée de l'eau dans la roue. L'eau glissera donc le long de chaque courbe, suffisamment prolongée, avec une vitesse relative égale à la différence de sa vitesse propre et de celle de la roue, et s'élèvera en pressant la courbe à une hauteur égale à celle qui serait due à cette vitesse. Par conséquent, si le seuil *F* ou ressaut du coursier est tellement placé que le bord inférieur de la courbe y soit précisément arrivé au moment où l'eau va parvenir à sa plus grande élévation, celle-ci redescendra le long de la courbe en la pressant de nouveau, et s'échappera par la partie inférieure avec une vitesse relative précisément égale à celle qu'elle possédait en y entrant, et qui aura pour direction celle de l'élément inférieur de cette courbe. Quant à la vitesse absolue de l'eau, elle sera égale à la différence de sa vitesse relative le long de la courbe et de la vitesse de la roue, puisqu'on peut encore supposer ici le dernier élément de la courbe sen-

sivement horizontal et tangentiel à la circonférence de cette roue : or, pour qu'il n'y ait point de force perdue, il faudra, comme on sait, que cette vitesse absolue soit nulle.

D'après cela, nommons V la vitesse de l'eau à l'endroit où elle commence à monter sur la roue; H, la hauteur due à cette vitesse; m, la masse d'eau écoulée pendant une seconde; enfin v, la vitesse inconnue que doit prendre la circonférence de la roue; $V-v$ sera la vitesse relative avec laquelle l'eau s'élèvera le long de la courbe, et

$$\left(\frac{V-v}{2g}\right)^2$$

sera la hauteur à laquelle elle parviendra le long de cette courbe : d'après ce qui précède, elle acquerra de nouveau, en descendant le long de cette même courbe, la vitesse $V-v$, et $(V-v)-v=V-2v$ sera sa vitesse absolue au sortir de la roue; cette vitesse devant être nulle pour la production du *maximum* d'effet, on aura $V-2v=0$, d'où $v=\frac{1}{2}V$; c'est-à-dire que la roue devra prendre la moitié de la vitesse du courant, précisément ainsi qu'il arrive pour les roues à palettes ordinaires.

Il est d'ailleurs évident, d'après le principe des forces vives, que la quantité d'action fournie par la roue sera alors théoriquement égale à mgH, c'est-à-dire, à celle que possède l'eau à l'instant de son entrée dans les courbes; ce qu'on peut d'ailleurs constater directement ainsi qu'il suit :

4. Le mouvement de la roue étant censé uniforme, et P étant l'effort constant exercé à sa circonférence,

lequel peut toujours être censé représenter un poids égal élevé par une corde enroulée sur un tambour de même diamètre que la roue, Pv sera, dans l'unité de temps, la quantité d'action qui correspond à cet effort; celle dépensée pendant le même temps par la chute sera d'ailleurs mgH, ainsi $mgH - Pv$ sera la quantité d'action totale communiquée au système. D'un autre côté, la vitesse absolue qui reste à l'eau, après avoir agi sur la roue, est, d'après ce qui précède, $V - 2v$: donc la force vive transmise au bout du temps en question est $m(V - 2v)^2$, et par conséquent on a, d'après le principe des forces vives, $m(V - 2v)^2 = 2(mgH - Pv)$; d'où l'on tire :

$$Pv = mgH - m\frac{(V - 2v)^2}{2},$$

et à cause de $V^2 = 2gH$,

$$Pv = 2m(V - v)v.$$

Telle est la quantité d'action réellement transmise à la roue dans l'unité de temps, lorsque son mouvement est parvenu à l'uniformité. En la différenciant par rapport à v, on trouve, comme ci-dessus, pour la vitesse qui correspond au *maximum* d'effet, $v = \frac{1}{2}V$; et la quantité d'action transmise à la roue dans ce cas, est,

$$Pv = m\frac{V^2}{2} = mgH;$$

c'est-à-dire, qu'elle est égale à la quantité d'action totale de la chute elle-même.

En nommant D la dépense d'eau dans une seconde exprimée en volume, et observant que $g = 9^m,809$, on

aura, comme on sait, $mg = 1000^{kil.} D$; d'après quoi les formules ci-dessus qui expriment la quantité d'action transmise à la roue deviendront, pour le cas d'une vîtesse quelconque v,

$$Pv = \frac{2000\, D}{9{,}809}(V - v)\, v = 203{,}8943\, D (V - v)\, v,$$

et pour le cas du *maximum*,

$$Pv = 1000\, DH.$$

Les pressions ou efforts exercés dans les mêmes circonstances, à l'extrémité du rayon de la roue, seront ainsi respectivement :

$$P = 203{,}8943\, D (V - v)^{kil.}$$

$$P = 1000\, D \frac{H}{\frac{1}{2} V} = 1000\, D \frac{V}{g} = 203{,}8943\, D V^{kil.}$$

D'après cela, on voit que, théoriquement parlant, 1°. la roue dont il s'agit produira un effet double de celui des roues en dessous ordinaires et égal au plus grand de tous les effets possibles; 2°. que la pression ou l'effort exercé sur la roue sera pareillement double de celui qui s'exerce sur les roues en dessous pour les mêmes vitesses; avantage précieux dans tous les cas où la résistance à vaincre au départ est considérable; 3°. enfin, que la vitesse de roue qui répond au *maximum* d'effet est moitié de celle du courant, et par conséquent aussi grande que pour les roues à palettes ordinaires.

5. Différentes circonstances empêchent que les choses se passent tout-à-fait ainsi dans la pratique; il convient donc de les examiner avant d'aller plus loin, tant pour connaître leur influence respective sur les résultats, que

pour en déduire des règles sur la meilleure disposition à donner aux diverses parties du système.

La théorie qui précède suppose en effet que l'eau entrera dans la roue sans choquer les courbes, et qu'elle en sortira avec une vitesse dirigée en sens contraire de celle que possède la circonférence de la roue : or, ces deux conditions sont très-difficiles à réaliser en toute rigueur dans la pratique ; on peut même dire qu'elles s'excluent réciproquement.

La dernière exige, en effet, que la courbe des aubes se raccorde tangentiellement avec la circonférence extérieure de la roue, et, pour satisfaire à l'autre, il conviendrait d'incliner leur premier élément d'une certaine quantité par rapport à la circonférence.

Considérons, par exemple (fig. 4), un filet quelconque $a\,b$ de la lame d'eau, et proposons-nous de rechercher quelle doit être la direction d'un plan $b\,c'$, pour que ce plan ne reçoive aucun choc de la part du filet fluide $a\,b$; à cet effet, portons la vitesse V de ce filet de b en c, dans la direction de son mouvement, et pareillement la vitesse correspondante v, de la circonférence de la roue de b en d, sur la tangente en b à cette circonférence ; la droite $c\,d$ ou sa parallèle $b\,c'$ exprimera évidemment la direction à donner au plan pour remplir le but proposé. On voit donc que l'angle $c'bd$ du plan et de la circonférence de la roue doit être encore très-appréciable, et qu'il varie, 1°. avec la position particulière du filet fluide $a\,b$; 2°. avec le rapport des vitesses v et V ; 3°. enfin, avec la grandeur de la circonférence de la roue.

6. Relativement à la position particulière du filet

fluide, à l'égard de la lame d'eau dont il fait partie, on voit que l'angle $c'bd$ devra être nul pour le filet inférieur de cette lame, et qu'il sera le plus grand possible pour le filet supérieur dans une même roue et pour les mêmes vitesses v et V. Supposons, par exemple, que l'arc embrassé par la lame d'eau du coursier soit de 25°, ce qui convient en particulier au cas où cette lame aurait une épaisseur de 25° et la roue 5 mètres de diamètre; l'angle cbd correspondant au filet supérieur sera donc aussi de 25°; et si l'on prend pour la vitesse v celle qui correspond au *maximum* d'effet, elle devra s'approcher (4) d'être égale à $\frac{1}{2}V$; et on conclut de ces valeurs respectives, par le triangle bcd, que l'angle $c'bd$, supplément de bdc, est d'environ 46°; c'est donc entre 0° et 46° que devra se trouver l'angle d'inclinaison moyenne le plus convenable pour le plan bc': en prenant 23° pour cet angle, on ne s'écarterait probablement pas beaucoup de l'inclinaison qui donne le *minimum* du choc; du moins on peut s'assurer directement que la perte de forces vives due à ce choc est extrêmement peu de chose relativement à la force vive totale possédée par l'eau.

Nommons, en effet, L l'angle $c'bd$ que forme la direction cb du filet fluide avec celle de la palette plane bc', supposée dans une position quelconque; puis B l'angle cbd formé par ce même filet avec la circonférence extérieure de la roue, ou la tangente bd. La force vive perdue pourra être censée proportionnelle à l'épaisseur de la lame d'eau qui choque directement le plan bc', et au carré de la différence des vitesses V et v, estimées suivant la perpendiculaire à ce plan, c'est-à-dire, à

$\{V \sin (L-B) - v \sin B\}^2$: m étant la masse totale de fluide qui s'écoule dans l'unité de temps, cette force sera donc, en général, moindre que $m\{V \sin (L-B) - v \sin B\}^2$, puisqu'ici l'on suppose que la masse d'eau dépensée m, choque le plan bc' sur toute la hauteur qu'elle occupe dans le coursier; circonstance qui arrive tout au plus pour la position où ce plan touche le fond de ce coursier : or, en donnant à v et L les valeurs admises ci-dessus, et en faisant varier l'angle B ou cbd depuis zéro jusqu'à sa limite, qui est de 25°, on trouvera que les valeurs de la formule précédente demeurent comprises entre 0 et 0,04 mV^2. La force vive perdue par l'effet du choc n'est donc pas même les $\frac{4}{100}$ de la force vive mV^2, possédée par la masse d'eau affluente, et il est probable que moyennement elle n'est pas la moitié de cette quantité, toujours dans les hypothèses admises précédemment qui sont défavorables, puisqu'il arrive rarement dans la pratique que la lame d'eau choquante embrasse la roue sous un arc de plus de 25° (1).

Dans l'état actuel d'imperfection de l'hydraulique, il serait, à ce que je crois, très-difficile d'estimer rigoureusement la force vive perdue par le choc, dans la ques-

---

(1) On remarquera, d'après l'expression trouvée ci-dessus, que, dans certaines positions de la palette plane bc', la pression de l'eau peut devenir négative, c'est-à-dire, agir en sens contraire du mouvement de la roue : or, si l'on se reporte aux palettes courbes, on reconnaîtra aisément que ce effet n'a lieu que pour une très-petite portion de leur étendue, à partir de la circonférence extérieure de la roue : la lame d'eau qui choque cette partie sera donc non-seulement une

tion qui vient de nous occuper ; les raisonnemens qui précèdent pourront suffire pour en assigner grossièrement les limites, et pour rassurer sur les effets qu'on aurait été tenté d'attribuer au choc dans la théorie précédente.

7. Au surplus, il ne paraît pas nécessaire, pour le cas des palettes courbes, d'incliner le premier élément de ces courbes sur la circonférence de la roue, autant que sembleraient l'indiquer les raisonnemens établis précédemment sur les palettes droites ; et au lieu de 23° d'inclinaison, on peut sans risque leur en donner beaucoup moins, par exemple, de 10 à 15°. On sent, en effet, que la lame d'eau qui choque la palette courbe ayant une certaine hauteur, ce n'est pas seulement le premier élément de la courbe qui se trouve choqué, mais plusieurs élémens consécutifs ; or, ces élémens sont de plus en plus inclinés sur la circonférence de la roue, de telle sorte que l'eau en rencontre nécessairement un pour lequel le choc est entièrement nul.

En adoptant cette dernière disposition pour les courbes, on voit que non-seulement la force vive perdue par le choc de l'eau contre la roue sera fort peu de chose, mais qu'encore la vitesse relative de cette eau au sortir

---

fraction très-petite de la lame totale de l'eau introduite dans le coursier, en sorte que l'impression normale sera extrêmement faible, mais encore le bras de levier de cette impression, par rapport au centre de la roue, sera beaucoup moindre que le rayon qui représente le bras de levier de l'impression totale ou de l'effort exercé sur cette roue. Cette impression est donc tout-à-fait négligeable pour la pratique.

des courbes aura une direction qui s'approchera beaucoup d'être la plus convenable possible suivant la théorie.

8. La forme de la courbe des palettes est assez indifférente, comme on sait, pourvu qu'elle soit continue, et qu'elle présente sa concavité au courant; mais il n'en est pas de même de sa hauteur au-dessus de la circonférence extérieure de la roue, c'est-à-dire, de la largeur des anneaux : cette hauteur doit être assez grande pour que l'eau affluente puisse perdre toute sa vitesse relative en remontant le long de la courbe.

Nous avons vu que la vitesse d'ascension de l'eau le long des courbes était $V-v$, et qu'elle s'y élevait à une hauteur

$$\frac{(V-v)^2}{2g};$$

elle est donc variable avec la vitesse v de la roue, et la plus grande possible pour le cas où la roue est immobile : cette hauteur étant alors

$$\frac{V^2}{2g},$$

on voit qu'il faudrait donner à la courbe une hauteur égale à celle de la chute si l'on voulait profiter de toute la vitesse de l'eau à l'instant du départ de la roue; mais comme cette dimension des palettes serait souvent exhorbitante et inexécutable dans la pratique; que d'ailleurs on peut, sans beaucoup d'inconvéniens, sacrifier une partie de l'effet de la chute à l'instant dont il s'agit, nous croyons qu'il suffira, dans la plupart des cas, de se borner à donner aux courbes la hauteur qui correspond à la vitesse $v = \frac{1}{2}V$ du *maximum* d'effet.

L'expression ci-dessus de cette hauteur devient alors

$$\frac{1}{4}\frac{V^2}{2g},$$

c'est-à-dire qu'elle est précisément le quart de celle de la chute totale. Pour les chutes au-dessus de 2 mètres, on jugera souvent convenable de s'en tenir à cette proportion, tandis que pour les chutes beaucoup plus petites, on pourra sans inconvénient l'augmenter, en la portant, par exemple, à la moitié ou au tiers de la hauteur totale de chute. On devra donc, dans tous les cas, se régler sur le genre de construction que l'on se propose d'admettre et d'après la nature des matériaux que l'on veut y employer, sans oublier qu'il y a toujours un certain avantage attaché à l'agrandissement des courbes ou des anneaux qui les contiennent; car, outre qu'il arrive souvent, dans la pratique, que la vitesse des roues s'éloigne plus ou moins de celle qui répond au *maximum* d'effet, on a encore à craindre, en restreignant la hauteur des courbes, de diminuer la force d'impulsion de l'eau au départ de la roue. Au surplus, si l'on adopte une disposition telle, qu'au moment où l'eau s'élève au-dessus des courbes, sa direction ou celle du dernier élément de ces courbes, soit à-peu-près perpendiculaire à la direction du mouvement de la roue, la perte d'effet qui résultera de ce que l'eau abandonne les courbes sera peu de chose, puisqu'elle cesserait alors de les presser, et qu'en retombant, elle agira de nouveau, par son poids et sa vitesse acquise, sur l'eau inférieure ou sur les courbes.

9. D'après toutes ces considérations et pour la facilité de l'exécution, nous nous sommes arrêtés au tracé sui-

vant des courbes : ayant mené un rayon quelconque *Ab* (fig. 4.) de la roue, et déterminé la largeur *bb'* des anneaux qui doivent renfermer les palettes, largeur qui ne saurait, dans aucun cas, être au-dessous du quart de la hauteur totale de la chute, on mènera du point *b* de la circonférence extérieure une droite *bo* inclinée d'environ 10° sur le rayon *Ab*, vers la vanne, c'est-à-dire, d'à-peu-près $\frac{1}{6}$; prenant ensuite pour centre un point *o* situé un peu au-dessus de la circonférence intérieure de l'anneau, par exemple, d'un 7e ou d'un 8e de sa largeur, on décrira, avec la distance *bo* pour rayon, l'arc de cercle *bm* terminé de part et d'autre à l'anneau : cet arc sera celui qu'on pourra prendre pour les palettes courbes de la roue.

Quant à l'écartement de ces palettes, il est relatif au diamètre de la roue, et peut se régler par les mêmes principes que pour les roues en dessous ordinaires ; ainsi, pour des roues qui auraient de 4 à 5 mètres de diamètre, on ne risquera rien d'adopter un nombre de 36 à 40 palettes.

10. Il nous reste maintenant à examiner quelle est la forme et la position que l'on doit donner au coursier et au seuil ou ressaut qui le termine, pour que les autres conditions de la théorie soient remplies le plus possible.

Les raisonnemens sur lesquels nous nous sommes appuyés jusqu'à présent supposent, en effet, que l'eau ne s'échappera des courbes qu'à l'instant même où l'extrémité inférieure de l'élément de celles-ci sera arrivée au point le plus bas de la roue, et par conséquent de la chute ; car si elle commençait à s'en échapper beaucoup plus tôt ou plus tard, on conçoit que tout l'effet de la chute ne

serait pas utilisé, et qu'il y aurait de perdu la portion de cette chute qui correspond à la différence de niveau entre le point où l'eau commence à couler et le point le plus bas de la roue.

Rappelons-nous (8) que l'eau s'élève dans les courbes à une hauteur qui est en général

$$\left(\frac{V-v}{2g}\right)^2 :$$

or, le temps qu'elle mettra à monter à cette même hauteur sera, d'après les formules connues,

$$\frac{V-v}{g} :$$

donc l'espace décrit réellement par la roue durant ce même intervalle sera :

$$v.\frac{V-v}{g}.$$

On voit, d'après son expression, que cet espace sera nul ou très-petit pour les vitesses $v=o$, $v=V$, de la roue, et le plus grand possible pour la vitesse $v=\frac{1}{2}V$, laquelle répond précisément au *maximum* d'effet théorique de la roue : or,

$$v.\frac{V-v}{g} \text{ devient alors } \frac{1}{2}\frac{V^2}{2g} :$$

donc l'espace parcouru par la circonférence de la roue pendant que l'eau s'élève à toute sa hauteur le long des courbes, est au plus moitié de la hauteur totale de la chute, et par conséquent un autre espace pareil est décrit par la roue avant que chaque courbe ait perdu totalement son eau.

11. Soit maintenant *A* (fig. 4) une roue à palettes cour-

bés dont le coursier *BC* est, je suppose, incliné au $\frac{1}{10}$; soit *DE* le filet supérieur de la lame d'eau qui doit agir sur la roue, *H* étant toujours la hauteur due à la vitesse effective de l'eau dans le coursier, et *E* le point où le filet supérieur rencontre la circonférence de la roue, il faudra, d'après ce qui précède, porter la longueur $\frac{H}{2}$ sur cette circonférence de *E* en *F* pour avoir le point *F*, où l'eau commencera à déverser de la roue. Mais le filet supérieur *DE* n'est pas seul; il est contigu à plusieurs autres qui, entrant un peu plus tard dans la roue, en sortiraient un peu après le premier, c'est-à-dire, au-delà du point *F*, si, d'ailleurs, ces différens filets fluides ne s'influençaient pas réciproquement de façon à sortir de la roue à-peu-près au même instant. Probablement on ne s'écartera pas beaucoup de la réalité en déterminant le point *F* de sortie d'après le filet moyen *ab* de la lame d'eau du coursier, au lieu du filet supérieur *DE*.

C'est évidemment au point *F*, ainsi déterminé, qu'il faudra placer le seuil ou ressaut du coursier, afin de faciliter le dégagement de l'eau aussitôt qu'elle commence à sortir de la roue; on pourra le raccorder avec le fond du canal inférieur *HI* (fig. 1, 3 et 4), au moyen d'une droite très-inclinée, ou par une courbe *FH* tangente à ce fond. Il sera aussi convenable de terminer les joues du coursier au point *F*, pour permettre à l'eau de s'étendre immédiatement suivant toute la largeur du débouché que présente le canal inférieur, ou, si cela est impossible par la nature des constructions déjà établies, il faudra l'élargir à compter du même endroit, comme l'expriment en plan les figures 2 à 6.

Quant à la hauteur du seuil F au-dessus du fond du canal inférieur, elle est relative au régime habituel des eaux dans ce canal ; et il n'y a rien de spécial à prescrire à son égard, si ce n'est qu'on doit ne lui donner que la moindre élévation possible, afin de ne pas diminuer par trop la hauteur de chute. Au surplus, les préceptes que l'on pourrait donner à ce sujet sont communs à toutes les roues d'où l'eau s'échappe avec une vitesse nulle ou presque nulle, et l'on aura remarqué que celle qui nous occupe n'aura pas au même degré que la plupart des autres roues l'inconvénient de soulever ou de choquer l'eau en arrière lorsqu'elle est ce qu'on appelle noyée ; de sorte qu'il suffira, dans la plupart des cas, de mettre le seuil F dans le prolongement de la surface supérieure KL des eaux du canal de décharge.

12. Maintenant, en revenant à ce qui a été dit sur le mouvement de l'eau dans les courbes, on devra remarquer qu'elle mettra à descendre le long de ces courbes à-peu-près le même temps que pour y monter, en sorte qu'elle ne sera entièrement écoulée qu'au-delà du point F (fig. 4) déterminé ci-dessus, à une distance FG probablement un peu moindre que EF ou $\frac{H}{2}$: or, il arrive, dans la plupart des cas, surtout si la roue est grande par rapport à la chute, que le point G ne s'élèvera pas beaucoup au-dessus du point inférieur de la roue, en sorte qu'une portion très-faible de l'effet sera perdue par la chute de l'eau hors des courbes, d'autant plus que la majeure partie de cette eau s'écoulera près du point F.

Dans tous les cas, on diminuera beaucoup l'inconvénient en descendant d'une certaine quantité le point

inférieur de la roue au-dessous du fond BF du coursier, et creusant ce dernier circulairement afin de la recevoir ; cette opération tendra évidemment à rapprocher le point G du rayon vertical de la roue, et aura de plus l'avantage de diminuer la perte d'eau qui a lieu dans le coursier : c'est pourquoi nous recommanderons d'en user toujours ainsi dans la pratique. Dans le grand nombre des cas, il suffira d'enfoncer la roue de 2 à 3 pouces au-dessous de la ligne de pente du coursier, comme on le voit exprimé fig. 5.

Nous pensons qu'en procédant d'après les divers principes qui viennent d'être expliqués, on ne saurait s'écarter beaucoup des meilleures dispositions à donner aux roues en dessous à palettes courbes ; mais pour ne pas nous borner à des considérations purement théoriques, nous avons entrepris une série d'expériences sur un modèle en petit, tant afin d'apprécier et de constater les avantages annoncés par le calcul, que pour éclairer diverses questions intéressantes qui n'auraient pu l'être d'une manière suffisante et complète par la théorie, et sur lesquelles nous aurons ainsi occasion de revenir.

DEUXIÈME PARTIE.

Expériences sur les effets des roues verticales à palettes courbes mues par en dessous.

13. La roue dont nous nous sommes servi pour faire ces expériences est représentée par la fig. 1, qui a été construite sur une échelle du 5e, d'après les principes développés précédemment : son diamètre, pris exté-

rieurement, est de 50 centim.; les palettes courbes sont en bois mince de 2 à 3 millimètres d'épaisseur; leur hauteur ou la largeur des anneaux circulaires est d'environ 62 millim., et la distance entre ces anneaux ou la largeur horizontale des palettes courbes est moyennement de 76 millim., et égale la largeur du coursier près de la vanne : il eût été préférable sans contredit de donner un excès de largeur aux courbes, afin d'être certain que l'eau ne rencontrerait, en aucun cas, l'épaisseur des jantes ou anneaux.

La largeur totale de la roue, les anneaux compris, est d'environ 103 millim., tandis que celle du coursier à l'endroit du seuil est de 111 millim.; le jeu était donc d'environ 8 millim. pour les deux côtés de la roue, mais il n'était que de 2 millim. en dessous. En général, la roue, construite en bois de noyer et sans beaucoup de soin, laissait échapper assez d'eau par ses côtés, et ne tournait pas *rond*; l'humidité et la sécheresse l'avaient fait voiler, et c'est ce qui a nécessité de lui donner beaucoup de jeu dans le coursier. En un mot, il est très-probable que, toute proportion gardée, les roues en grand seraient généralement exécutées avec plus de précision, et c'est une raison à faire valoir en faveur des résultats que nous a donnés l'expérience : le poids de cette roue était d'ailleurs d'environ 3k,25.

14. Voici maintenant les autres dispositions principales que nous avons adoptées : l'eau qui donne le mouvement à la roue était contenue dans une caisse d'environ 80c. de largeur et 30 de profondeur, ouverte sur le devant afin de recevoir immédiatement l'eau d'un petit ruisseau qu'elle servait à barrer entièrement;

une portion de la paroi, du côté de la roue, est inclinée en avant, comme il a été expliqué au n° 2, et qu'il est exprimé fig. 1 et 2; et l'on a pratiqué à sa partie inférieure un pertuis de la largeur du coursier, c'est-à-dire, d'environ 76 mill., et d'une hauteur d'environ 37 mill., mesurés perpendiculairement au fond du coursier, dont la pente au $\frac{1}{10}$ se trouve prolongée dans l'intérieur de la caisse jusqu'à une distance d'environ 10 cent.; les bords latéraux de ce pertuis ont été arrondis de façon à éviter autant que possible la contraction de la veine fluide, et pour le fermer, on a placé intérieurement une première vanne en bois *ab* (fig. 1), dépassant légèrement les arrondissemens du pertuis, et portant d'ailleurs une tige *ac* pour la lever et baisser à volonté lorsqu'on voulait donner l'eau à la roue.

Cette vanne devant d'ailleurs s'ouvrir et se fermer fréquemment pour une même série d'expériences, ne pouvait servir à régler l'ouverture du pertuis avec une précision suffisante; on en a placé en avant une autre *BR*, en tôle mince, glissant dans des rainures très-étroites, placées exactement dans le prolongement de la face extérieure de la retenue, de façon qu'il n'y eût aucune perte d'eau. Cette ventelle servant à régler la véritable ouverture, on n'y touchait que lorsqu'il était nécessaire d'en changer pour une nouvelle série d'expériences; on avait le soin d'élever assez la vanne intérieure pour qu'elle ne pût troubler en aucune manière l'écoulement de l'eau. Nous avons, d'ailleurs, déjà fait connaître (2) les autres avantages qui sont attachés à cette disposition.

15. Pour régler avec une précision suffisamment ri-

goureuse, l'ouverture de la ventelle extérieure, nous avons fait préparer des petites règles de bois, ayant pour largeur les diverses ouvertures à établir; on prenait toutes les précautions nécessaires pour s'assurer qu'elles n'avaient pas sensiblement varié au moment où il fallait s'en servir; alors on appliquait l'une de leurs faces sur le fond incliné du coursier, et l'on baissait la ventelle jusqu'à ce que son extrémité inférieure touchât l'autre face; on faisait ensuite glisser la règle dans tous les sens, entre la vanne et le coursier, en la maintenant exactement dans une situation verticale; il est évident que l'épaisseur de la règle donnait d'une manière précise l'ouverture du pertuis.

Quant à la manière de déterminer la hauteur de l'eau dans la caisse, nous avions employé d'abord un flotteur glissant le long d'une tige graduée; mais ce flotteur ayant été rompu, on y substitua plus tard la mesure directe de la profondeur de l'eau, à l'aide d'une règle de *Kutsch*, divisée en millimètres : cette mesure était prise différentes fois durant une même expérience, afin de constater que le niveau n'avait pas sensiblement varié.

16. La façon de régler le niveau est, comme on sait, la partie la plus délicate et la plus difficile de cette sorte d'expériences; elle exige beaucoup de soin et de patience. N'ayant point, d'ailleurs, à notre disposition les moyens plus ou moins ingénieux employés par divers auteurs, nous nous bornions à établir à côté de la caisse ou réservoir, un canal et une vanne de décharge, dont les dimensions suffisaient à l'entier écoulement de l'eau fournie par le ruisseau : la petite vanne de la roue étant levée convenablement, on réglait par un tâtonnement

souvent fort long, l'ouverture de celle de décharge, de manière à obtenir le niveau constant que nécessitait l'objet particulier de l'expérience à faire.

Le temps était mesuré à l'aide d'un compteur de *Bréguet*, donnant les demi-secondes, et la quantité d'eau écoulée pendant une seconde s'obtenait par le temps qui était nécessaire pour remplir une caisse jaugée à plusieurs reprises, et qui contenait exactement 184 litres. On n'a jamais compté pour bonnes que les expériences qui, étant répétées à plusieurs reprises, ne donnaient que des différences d'une demi-seconde dans la durée totale de l'écoulement, et l'on a constamment agi ainsi pour toutes les autres espèces d'expériences dont il sera rendu compte par la suite.

17. Avant d'aller plus loin et de faire connaître les dispositifs par lesquels on est parvenu à mesurer les quantités d'action précises fournies par la roue, sous différentes chutes et diverses ouvertures de vanne, il est nécessaire de rapporter une circonstance digne de remarque: c'est qu'ayant voulu, pour la première fois, lâcher l'eau dans le coursier afin d'observer la manière dont s'y faisait l'écoulement, on fut tout surpris de voir que, loin de sortir de la vanne en filets parallèles, comme on devait s'y attendre d'après le soin qu'on avait pris d'évaser les parois intérieures du coursier, l'eau s'élevait, au contraire, en une nappe très-mince de 10 à 12 c. de hauteur verticale au-dessus du fond de ce coursier, abandonnant ainsi ses parois latérales. Après avoir réfléchi quelques instans à ce singulier phénomène, je ne tardai pas à reconnaître qu'il était dû uniquement à ce que les parois intérieures de la caisse étaient inclinées sur son

fond, et formaient avec ce fond un angle très-aigu de part et d'autre du pertuis, par lequel l'eau arrivait avec assez de vitesse pour contracter la lame, et la forcer à s'élever dans le coursier.

En conséquence, je fis préparer deux planchettes triangulaires représentées en fgh, $g'h'$ (fig. 1 et 2), et qui avaient une épaisseur de 27 mill. sur environ 17 cent. de base; elles furent placées de chaque côté de la vanne intérieure, de façon à garnir les angles dont il a été question, et à former comme le prolongement du coursier dans la caisse, quoiqu'elles fussent plus écartées entre elles que les parois de ce dernier: l'effet cessa aussitôt ou devint assez peu sensible pour permettre d'opérer avec la roue, et de considérer la lame d'eau qui y entre comme à-peu-près parallèle au fond du coursier; ce qui est indispensable pour éviter le choc contre les courbes.

18. En adoptant cette disposition, les circonstances de l'écoulement se trouvaient rapprochées de celles qui se rencontrent fréquemment dans la pratique, lorsque les parois du coursier sont prolongées au-delà du vannage, en formant ainsi un canal étroit du côté de la retenue; mais, outre que cette disposition complique le phénomène de l'écoulement en l'éloignant des hypothèses ordinaires de la théorie, elle offre encore l'inconvénient beaucoup plus grave de faire perdre à l'eau une partie notable de la vitesse qu'elle eût acquise en donnant plus de largeur au canal d'entrée; car non-seulement les parois de ce canal font éprouver à l'eau qui y circule une résistance d'autant plus grande que sa section est moindre et sa longueur plus considérable;

mais il se fait aussi une légère contraction à l'entrée de l'eau dans ce canal, lorsqu'il débouche dans un bassin dont la section horizontale est beaucoup plus forte ; ce qui tend nécessairement à diminuer la vitesse à la sortie du pertuis.

On eût évité en grande partie ces inconvéniens en diminuant la longueur du canal intérieur, et garnissant d'ailleurs tout l'angle ou le coin compris entre la paroi inclinée du vannage et le fond du réservoir. Par exemple, on eût pu se contenter (fig. 5 et 6) de placer deux liteaux triangulaires fgh, $g'h'$ dans cet angle, dont les faces verticales fg eussent répondu à l'arête supérieure du pertuis, comme on le voit représenté fig. 5 ; leur saillie gh dans l'intérieur eût ainsi été réduite à 4 ou 5^{c}. Il eût d'ailleurs été convenable de mettre les extrémités $g'h'$ des liteaux dans le prolongement des joues du coursier, et de les terminer par des arrondissemens pour éviter la contraction. Quelques essais faits ultérieurement nous ont effectivement appris que, par ces dispositions très-simples, on atteignait avec avantage le but proposé, l'eau sortant du réservoir en nappe très-régulière et présentant en profil une ligne droite parallèle au fond du coursier. Ainsi donc il ne faudra jamais manquer d'adopter ces dispositions dans la pratique, si l'on tient à éviter les inconvéniens que présentent les vannes inclinées.

19. Au surplus, ne pouvant disposer que pour peu de temps du ruisseau où la roue était placée, parce qu'il n'était alimenté que par l'eau qui s'échappait accidentellement d'une construction hydraulique faite dans la partie supérieure, on se contenta d'avoir apporté un remède prompt à un inconvénient qui paraissait d'a-

bord très-grave; et sans s'arrêter pour le moment à chercher des moyens plus convenables de disposer la vanne de retenue, on entreprit de suite les expériences nécessaires pour évaluer les quantités d'action fournies par la roue, objet essentiel des recherches qu'on avait en vue; on remit, d'ailleurs, à une autre époque les expériences qui pouvaient servir à déterminer rigoureusement les effets de l'appareil dont on se servait, c'est-à-dire, la perte de vitesse qui en résulterait pour l'eau à l'endroit où elle agit sur la roue.

20. On sait que, pour estimer la quantité d'action fournie par une roue hydraulique, le moyen le plus simple est de lui faire élever un poids à l'aide d'une corde ou ficelle, passant sur une poulie et s'enroulant par son autre extrémité sur l'arbre de la roue : cette quantité d'action a, en effet, pour valeur le produit du poids soulevé, augmenté des résistances passives, par la hauteur à laquelle il a été élevé dans l'unité de temps.

L'élévation de la poulie au-dessus de la roue était d'environ 8 mètres; cette poulie elle-même avait 9 cent. de diamètre, et se trouvait placée à-peu-près verticalement au-dessus de l'arbre de la roue, sur lequel s'enroulait la ficelle, qui avait 2 ou 3 mill. de diamètre. Le poids était reçu dans un petit sac de toile qu'on avait pesé préalablement.

La première chose à faire était d'évaluer approximativement la résistance due à l'air et à la roideur de la ficelle, ainsi qu'au frottement des tourillons, pour les différentes vitesses de la roue : en conséquence, on boucha hermétiquement la vanne; et après avoir placé suc-

cessivement différens poids dans le sac, on élevait celui-ci à la plus grande hauteur possible en enroulant la ficelle autour de l'arbre de la roue, de manière que le poids, en descendant, faisait tourner cette roue dans le même sens que lorsqu'elle était mue simplement par l'eau. On laissait ensuite faire dix tours entiers à la roue avant de compter, afin qu'elle eût à-peu-près acquis un mouvement uniforme sous l'action du poids; le commencement et la fin de chaque tour étaient indiqués très-exactement par une aiguille fixée au tourillon de l'arbre.

Cela posé, on comptait à plusieurs reprises le temps employé par la roue pour décrire exactement un certain nombre rond de tours, qui a été généralement de 20 ou 25. On s'est ainsi formé une table des différentes vitesses que prenait la roue sous les poids placés dans le sac : or, le mouvement étant parvenu chaque fois à l'uniformité, ces poids étaient précisément ceux qui mettaient en équilibre ou représentaient toutes les résistances réunies de la roue allant à vide.

Lorsqu'ensuite on faisait élever un certain poids à la roue par le moyen de l'eau, on avait soin d'ajouter à ce poids celui qui répondait, dans la table, à la vitesse uniforme qu'avait prise cette roue, et l'on avait ainsi le poids total soulevé en y comprenant les résistances.

Cette méthode, employée par divers auteurs, n'est pourtant point exacte dans toute la rigueur mathématique; car la roue éprouvant un effort de la part de l'eau lorsqu'elle est mue par celle-ci, et le sac se trouvant

dès-lors plus chargé que lorsqu'elle marche à vide, d'une part, la tension, et par suite, la roideur de la ficelle, sont plus fortes; et d'une autre, la pression et le frottement sur les tourillons sont altérés. Il serait sans doute fort difficile d'avoir égard à ces dernières causes dans des expériences qui doivent être très-multipliées; mais heureusement il se fait des soustractions et compensatives qui diminuent la somme totale des résistances dans les différens cas, somme qui, d'ailleurs, est toujours beaucoup plus faible que la résistance trouvée par les expériences sur la roue à vide.

21. Pour donner une idée de la manière dont nous avons constamment opéré, et pour faire apprécier le degré de soin et d'exactitude qu'on a apporté dans les expériences, nous allons présenter le détail de quelques-unes d'entre elles, et en déduire la confirmation rigoureuse de plusieurs points intéressans de la théorie. Nous choisirons pour exemple une série d'expériences qui ont été poussées très-loin, afin de reconnaître les lois mêmes que suivent les effets des roues à palettes courbes lorsqu'on leur fait prendre différentes vitesses sous différentes charges. Dans toutes ces expériences, l'ouverture de la vanne extérieure a été constamment maintenue à 3 cent., et la hauteur du niveau de l'eau dans le réservoir au-dessus du seuil de cette vanne ne s'est pas écartée sensiblement de 234 mill.; la dépense d'eau a été trouvée de 3,8942 litres par seconde, d'après des expériences répétées. On s'est assuré, d'ailleurs, que chaque tour de roue développait exactement $0^{m\cdot},2188$ de ficelle; c'est-à-dire que le contre-poids s'élevait à cette hauteur pour chaque tour de roue : pour y parvenir, on avait mesuré directement

l'élévation du poids correspondante à 18 tours exacts de roue.

Les choses étant ainsi disposées, on a commencé par faire aller la roue sans la charger, et l'on a trouvé qu'elle faisait 25 tours en 19",5; on a ensuite placé dans le sac un poids d'un kilogramme, qu'on a successivement augmenté à chaque expérience jusqu'à environ 5 kil., passé quoi la roue cessait d'avoir un mouvement régulier et uniforme. Ce terme aurait sans doute pu être reculé si la roue avait été bien construite; mais, ainsi qu'on l'a déjà observé, elle n'était pas exactement centrée, ou ne tournait pas rond.

A chaque expérience, d'ailleurs, on laissait faire 6 à 8 tours à la roue avant que de compter le temps au chronomètre; on laissait ensuite faire 25 nouvelles révolutions à la roue, afin d'obtenir avec une grande approximation le nombre de tours par seconde, puis la hauteur d'ascension du poids, et finalement la quantité d'action de la roue, ou le produit de cette hauteur par le poids augmenté des résistances données par les expériences sans eau.

Le tableau suivant montre la série des diverses données de l'expérience, et des résultats qu'on en a déduits par le calcul. Les nombres de la 2e colonne ont été obtenus par 3 ou 4 expériences s'accordant à une demi-seconde près.

TABLEAU *des Poids soulevés et des quantités d'action fournies par la roue, sous une ouverture de vanne de 3 cent., et une chute de 234 millimètres.*

NUMÉROS des expériences.	TEMPS pour 25 tours de roue.	NOMBRE DE TOURS par seconde.	HAUTEUR à laquelle est élevé le poids par seconde.	POIDS soulevé, y compris celui du sac.	POIDS qui fait équilibre aux résistances.	POIDS total soulevé par la roue.	QUANTITÉ D'ACTION fournie par la roue.
		t.	m.	k°.	k°.	k°.	kilom.
1	19″,50	1,2821	0,2805	0,000	0,222	0,222	0,0623
2	23 ,20	1,0776	0,2358	1,000	0,190	1,190	0,2806
3	23 ,50	1,0638	0,2328	1,100	0,180	1,280	0,2980
4	24 ,00	1,0417	0,2279	1,200	0,176	1,376	0,3136
5	24 ,40	1,0246	0,2242	1,300	0,174	1,474	0,3305
6	24 ,80	1,0081	0,2206	1,400	0,172	1,572	0,3468
7	25 ,20	0,9921	0,2171	1,500	0,170	1,670	0,3626
8	25 ,60	0,9766	0,2137	1,600	0,167	1,767	0,3776
9	26 ,00	0,9615	0,2104	1,700	0,164	1,864	0,3922
10	26 ,50	0,9434	0,2064	1,800	0,160	1,960	0,4045
11	27 ,00	0,9259	0,2026	1,900	0,158	2,058	0,4170
12	27 ,50	0,9091	0,1989	2,000	0,156	2,156	0,4288
13	28 ,00	0,8929	0,1954	2,100	0,154	2,254	0,4404
14	28 ,50	0,8772	0,1919	2,200	0,152	2,352	0,4513
15	29 ,00	0,8621	0,1886	2,300	0,150	2,450	0,4621
16	29 ,50	0,8475	0,1854	2,400	0,149	2,549	0,4726
17	30 ,10	0,8306	0,1817	2,500	0,148	2,648	0,4811
18	30 ,60	0,8170	0,1788	2,600	0,145	2,745	0,4908
19	31 ,30	0,7987	0,1748	2,700	0,142	2,842	0,4968
20	32 ,00	0,7813	0,1709	2,800	0,140	2,940	0,5024
21	32 ,50	0,7692	0,1683	2,900	0,137	3,037	0,5111
22	33 ,50	0,7463	0,1633	3,000	0,134	3,134	0,5118
23	34 ,30	0,7289	0,1595	3,100	0,131	3,231	0,5153
24	35 ,00	0,7143	0,1563	3,200	0,128	3,328	0,5202
25	35 ,50	0,7042	0,1541	3,300	0,126	3,426	0,5279
26	36 ,50	0,6849	0,1499	3,400	0,123	3,523	0,5281
27	37 ,50	0,6667	0,1459	3,500	0,120	3,620	0,5282 *max.*
28	38 ,50	0,6494	0,1421	3,600	0,115	3,715	0,5279
29	39 ,50	0,6329	0,1385	3,700	0,110	3,810	0,5277
30	41 ,00	0,6097	0,1334	3,800	0,108	3,908	0,5213
31	42 ,50	0,5882	0,1287	3,900	0,106	4,006	0,5156
32	44 ,00	0,5682	0,1243	4,000	0,103	4,103	0,5100
33	45 ,50	0,5495	0,1202	4,102	0,100	4,202	0,5051
34	52 ,75	0,4739	0,1037	4,417	0,088	4,505	0,4672
35	96 ,75	0,2583	0,0565	5,119	0,068	5,187	0,2931

OBSERVATIONS.

22. On voit que les vitesses et les quantités d'action fournies par la roue suivent une marche très-régulière, quoique les évaluations des nombres soient poussées jusqu'à la quatrième décimale. Pour reconnaître si les lois ainsi données par les expériences se rapprochaient de celles indiquées par la théorie, nous avons mis en usage le moyen très-expéditif et très-simple des courbes; et comme, d'après les formules établies n° 4, les pressions ou efforts P exercés sur la roue suivent une loi beaucoup plus facile à vérifier que les quantités d'action qui leur correspondent, nous avons pris ces pressions, ou plutôt les poids soulevés qui leur sont proportionnels, pour les ordonnées de la courbe, et pour abscisses les vitesses, ou plutôt les nombres de tours de roue pendant l'unité de temps.

Afin d'obtenir une approximation suffisante, on a représenté par 2 mil. chaque centième de tour de la roue et chaque dixième de kilogramme du poids élevé, de façon à pouvoir construire aisément les millièmes de tour et les centièmes de kilogramme : le nombre des uns et des autres étant donné immédiatement par les colonnes 3 et 9 du tableau, il a été facile de construire la courbe des poids BMC (fig. 9), qui ne se trouve ici représentée que sur une échelle moitié.

Cette courbe ne diffère sensiblement d'une ligne droite qu'à partir de l'ordonnée qui appartient à l'expérience n° 31; dans tout le reste de son cours, les différences ne s'élèvent pas, en plus ou en moins, au-delà de ½ millimètre, représentant, d'après l'échelle, 25 grammes;

ces différences n'étant pas même le centième des poids correspondans, on doit uniquement les attribuer aux erreurs inévitables des observations ; et en effet, pour les faire disparaître entièrement, il suffit d'altérer d'un quart de seconde seulement les nombres portés dans la seconde colonne du tableau, ce qui est tout-à-fait en dehors des évaluations données par l'instrument mis en usage.

23. La théorie exposée (n° 4) donnant, pour calculer les pressions P correspondantes aux différentes vitesses v de la roue, la formule

$$P = 203,8943\, D\, (V - v)^{\text{kil.}},$$

on voit que la loi générale qu'elle indique se trouve confirmée d'une manière en quelque sorte rigoureuse par toutes les expériences comprises entre les n°s 1 et 31 du tableau. Quant à ce qui concerne les expériences suivantes, dont les résultats s'écartent trop sensiblement de cette loi pour attribuer les différences aux erreurs d'observation, rappelons-nous (8) que la formule ci-dessus n'a été établie que pour l'hypothèse où les palettes de la roue auraient une hauteur suffisante pour ne pas laisser échapper l'eau par-dessus : or, cette hypothèse cesse d'être remplie ici aux environs de l'expérience 31.

Pour le constater, on remarquera que la plus grande hauteur à laquelle l'eau puisse s'élever dans les courbes en les pressant est ici (13) 0$^{m.}$,062, et que la vitesse 1$^{m.}$,1028, qui serait due à cette hauteur, doit, d'après les raisons données art. 8, être égale ou plus grande que la vitesse relative correspondante de l'eau et de la roue, exprimée par $V - v$. Or, en admettant que la vitesse de l'eau, à l'instant où elle entre dans la roue, ne diffère pas beaucoup de celle qui

est due à la chute moyenne $0^{m.},234 - 0^{m.},015 = 0^{m.},219$ au-dessus du centre de l'ouverture de vanne (21), hypothèse qui doit s'écarter fort peu de la réalité, on aura $V = 2^{m.},0727$ et $V - v = 1^{m.},1028$, d'où $v = 0^{m.},9699$; telle est donc, dans le cas actuel, la vitesse de la roue passé laquelle l'eau cesse d'agir comme le réclame la théorie. La circonférence de la roue étant d'ailleurs de $1^{m.},59$ environ, le nombre de tours qui correspond à cette vitesse est $\frac{0^{m.},9699}{1,59} = 0,61$, nombre qui se rapporte à-peu-près à l'expérience 30e du tableau.

24. Au surplus, nous avons déjà fait remarquer (13) que l'excentricité de la roue et sa mauvaise construction sont d'autres causes qui font que, pour les faibles vitesses, le mouvement du système cesse d'être régulier et uniforme; l'expérience a même appris que dans toutes les espèces de roues le mouvement s'arrêtait long-temps avant le terme assigné par la théorie; circonstance qui doit également être attribué à ce que l'imperfection des roues de la pratique exerce une grande influence pour les petites vitesses.

D'après ces diverses réflexions, on pourra donc être surpris que l'accord de la théorie et de l'expérience se soit maintenu aussi loin pour le cas de notre appareil; mais on ne saurait l'attribuer au hasard, puisqu'il s'est manifesté de la même manière dans toutes les séries d'expériences dont nous avions pris soin de déterminer un grand nombre de termes : souvent même les ordonnées de la courbe des poids ne différaient que d'une quantité tout-à-fait inappréciable de celles d'une véritable ligne droite. Ainsi l'on doit considérer comme

généralement exacts et conformes à l'expérience les principes d'où nous sommes partis (4), pour établir la théorie de la roue verticale à palettes courbes : nous verrons d'ailleurs bientôt de nouvelles confirmations de l'exactitude de nos formules.

25. Si l'on examine les nombres portés à la dernière colonne de droite du tableau ci-dessus, on remarquera que le *maximum* de quantité d'action de la roue a eu lieu pour l'expérience 27, répondant à 0,6667 ou $\frac{2}{3}$ de tour de cette roue. Pour comparer cette vitesse à celle qui est assignée par la théorie dans le même cas, il faudrait connaître la vitesse moyenne de l'eau à l'instant où elle entre dans les courbes : or, il n'y a que des expériences directes de la nature de celles qui seront décrites à la fin de ce Mémoire, qui puissent nous la donner d'une manière suffisamment exacte ; le moyen employé d'abord par Smeaton pour le cas des roues à palettes ordinaires, conduirait en effet ici à des résultats peu satisfaisans, attendu la forme particulière des palettes.

D'un autre côté, pour connaître la valeur moyenne et absolue de la vitesse de notre roue, correspondante au nombre de tours ci-dessus, il faudrait d'abord savoir à quelle distance du centre de cette roue on doit supposer le centre d'impression moyenne de l'eau ; tout ceci rend en conséquence difficile l'évaluation du rapport exact de la vitesse de la roue et de l'eau, pour l'instant du *maximum* d'effet.

Or, on peut y arriver d'une autre manière à l'aide des constructions établies ci-dessus (fig. 7) ; il est évident

en effet que si l'on prolonge jusqu'à son intersection, en D, avec l'axe AT des abscisses, la ligne droite MC qui représente la loi des poids donnés par l'expérience, la distance AD de ce point à l'origine pourra être prise, selon l'échelle, pour celle qui exprime le nombre de tours qui répond à une pression nulle exercée par l'eau sur la roue, et par conséquent à la vitesse moyenne de l'eau elle-même. On trouve ainsi que ce nombre est égal à 1,282, dont le rapport inverse à celui 0,6667 qui répond au *maximum* d'effet, est 0,52; ce qui s'écarte extrêmement peu du rapport assigné par la théorie (4); encore la légère différence qui a lieu peut-elle être attribuée à l'incertitude qui existe naturellement dans la véritable position du *maximum*, puisque les valeurs des quantités d'action ne varient, vers cette position, que par degrés presqu'insensibles, comme l'indique le tableau même des expériences.

26. Il nous reste à comparer la quantité d'action fournie par la roue pour le cas du *maximum* d'effet, quantité qui est égale, d'après le tableau, à $0^{k.},5282$ élevés à $1^{m.},00$ par seconde, à celle qui a été réellement dépensée par l'eau motrice.

La quantité d'eau fournie par seconde ayant été, d'après l'expérience (21), de $3^{lit.},8942$, ce qui équivaut en poids à $3^{k.},8942$, il s'agit de multiplier cette quantité par la hauteur due à la vitesse moyenne et effective que possède l'eau à l'instant de son entrée dans les aubes de la roue, afin d'obtenir des résultats exactement comparables avec ceux de la théorie, et avec ceux qui ont été publiés par divers auteurs, notamment par Smeaton; nous éprouvons donc ici une difficulté pa-

reille à celle que nous avons rencontrée plus haut, sans avoir les mêmes moyens pour la lever.

Toutefois, si l'on veut se contenter d'une approximation, on pourra estimer la vitesse dont il s'agit d'après le nombre de tours qui répond à la roue supposée sans charge, et soumise néanmoins à l'action du courant; la construction nous a donné (25), pour ce nombre, $1^{t.},2775$, qu'il faut maintenant multiplier par la circonférence de la roue répondant au filet moyen de l'eau dans le coursier : en supposant ce filet placé au milieu de la section, il resterait encore à déterminer la hauteur de cette dernière, ce qui n'est pas facile, puisqu'elle dépend elle-même de la vitesse qu'il s'agit de trouver : or, en considérant que la hauteur de la section de l'eau à l'endroit de la roue ne doit pas différer beaucoup de celle, $0^{m.},03$, qui appartient à l'ouverture de vanne, de sorte que la différence, si elle existe, ne peut qu'être une fraction très-petite du rayon moyen qu'on cherche, on sera suffisamment autorisé à prendre, pour ce rayon, la distance du centre de la roue au point qui se trouve placé à $0^{m.},015$ au-dessus du fond du coursier, sous l'axe de cette roue. La distance jusqu'au fond du coursier étant, d'après les mesures directes, $0^{m.},251$, le rayon moyen de la roue sera de $0^{m.}236$, et sa circonférence moyenne de $1^{m.},483$; ainsi la vitesse cherchée aura pour valeur $1^{m.},483 \times 1^{t.},2775 = 1^{m.},895$, à laquelle répond la hauteur de chute $0^{m.},183$; en multipliant donc cette hauteur par la dépense $3^{k.},8942$ donnée par l'expérience, il viendra, pour la quantité d'action fournie par l'eau du réservoir, $0^{k.},7126$ élevés à $1^{m.},00$ par seconde; celle *maximum* fournie par la

roue étant $0^{k.},5282$, son rapport avec la première sera égal à la fraction 0,741.

Ce rapport est près de $2\frac{1}{2}$ fois celui qui a été trouvé par Smeaton, pour les roues à palettes ordinaires, et ne s'écarte guère du résultat donné par les meilleures roues hydrauliques connues. La théorie exposée dans la première partie de ce Mémoire se trouve donc encore justifiée pour les valeurs absolues des quantités d'action, autant qu'elle peut l'être par l'expérience; car on se rappellera que cette théorie ne tient pas compte de plusieurs circonstances qui ont lieu dans la pratique, telles que la perte due au jeu dans le coursier, le choc de l'eau contre la roue, la vitesse qu'elle conserve après en être sortie, enfin la résistance qu'elle éprouve par son ascension le long des courbes.

27. S'il était permis de regarder comme entièrement exacte la vitesse moyenne $1^{m.},895$ obtenue ci-dessus, on trouverait, en la comparant à la vitesse $2^{m.},073$, due théoriquement à la hauteur d'eau $0^{m.},219$ au-dessus du centre de la vanne, qu'elle n'en est environ que les 0,92, en sorte que les 8 centièmes de la vitesse de l'eau au sortir de cette vanne se trouveraient perdus, par l'effet des résistances et des contractions qu'elle éprouve tant à l'extérieur que dans l'intérieur du réservoir; nous verrons plus tard, par des expériences directes, que ces nombres s'écartent très-peu des véritables, et que la différence 0,08 est due principalement à ce que l'eau s'échappe du pertuis avec une vitesse moindre que ne l'indique la théorie. En comparant d'ailleurs les chutes qui répondent aux vitesses $1^{m.},895$ et $2^{m.},073$, on trouvera qu'elles sont entre elles dans le rapport de $(1,895)^2$

à $(2,073)^2$, égal $(0,92)^2$ ou 0,846, de sorte que la chute de l'eau à la vanne se trouve affaiblie d'environ 15 centièmes par les causes ci-dessus. Pour comparer également la dépense effective qui est de $3^{k.},8942$, à la dépense théorique, on remarquera que l'ouverture de vanne est ici de 3 cent., et sa largeur de 76 mill. environ, ce qui donne, pour l'aire par laquelle l'eau s'échappe, $0^{m.},00228$; la vitesse due à la hauteur au-dessus du centre de l'ouverture étant d'ailleurs, d'après ce qui précède, de $2^{m.},0727$ par seconde, la dépense théorique pendant le même temps sera de $0,00228 . 2,0727 = 0^{m.},0047258$ ou de $4^{k.},7258$ en poids, quantité dont le rapport inverse à celle donnée immédiatement par l'expérience, est 0,824.

28. L'on sera peut-être curieux de savoir si le rapport 0,741 des quantités d'action trouvées au n° 26 est précisément le coefficient qui doit affecter la formule théorique des pressions P, rappelée au n° 23. Pour y parvenir, il n'y a pas d'autre moyen que de comparer cette formule à celle qui serait donnée par l'équation de la droite MC (fig. 7) des poids soulevés par la roue : or, nous avons déjà trouvé que l'abscisse du point D qui répond à un poids nul représentait $1^{t},2775$ de roue, et d'une autre part, la construction donne, pour le poids AD qui correspond à une vitesse nulle de la roue, $7^{k.},55$: donc on a, en ayant égard aux échelles respectives des ordonnées et des abscisses (22), et t étant d'ailleurs le nombre de tours qui répond à un poids quelconque p soulevé par la roue,

$$p = \frac{75500}{12775}(1,2775 - t).$$

Mais (21) et (26), le poids p s'élève à la hauteur

0,2188, tandis que le centre d'impression moyenne de la roue décrit la circonférence $1^{m},483$: donc on a entre p et la pression P exercée sur cette circonférence, la relation $p.0,2188 = P.1,483$. D'une autre part, v étant en général la vitesse du centre d'impression dont il s'agit, on a $v = 1^{m}.,483\, t$; tirant de là les valeurs de t et de p, et les substituant dans l'équation ci-dessus, elle deviendra, tous calculs faits,

$$P = 0,58797\,(1,895 - v)^{\text{kil.}}$$

C'est cette équation qu'il faut maintenant comparer avec la suivante :

$$P = 2m\,(V - v)^{\text{kil.}} = 203,8943\, D\,(V - v)^{\text{kil.}},$$

trouvée art. 4, et dans laquelle D exprime le volume de l'eau écoulée pendant une seconde; mais on a ici (21) et (26),

$$D = 0^{m.},0038942 \text{ et } V = 1^{m.},895 :$$

donc cette équation deviendra :

$$P = 0,7940222\,(1,895 - v)^{\text{kil.}}$$

On voit qu'elle ne diffère absolument de la première que par la valeur des coefficiens, et que le rapport $\frac{0,58797}{0,794022} = 0,740$ de ces coefficiens ne s'écarte que d'un millième de celui 0,741 qui a été trouvé ci-dessus pour les quantités d'action de l'eau et de la roue, relatives au *maximum* d'effet; ce qui est un degré d'approximation auquel on ne devait pas s'attendre dans des expériences du genre de celles qui nous occupent.

29. Nous avons cru devoir insister beaucoup sur l'exemple qui précède, et l'examiner sous tous les points de vue, parce que les expériences qui le concernent, et qui sont représentées par le tableau du n° 21, ont été faites avec beaucoup de soin, et qu'elles tendent à con-

firmer d'une manière en quelque sorte rigoureuse les applications du principe des forces vives aux roues hydrauliques, non pas seulement comme on s'est contenté de le faire jusqu'à présent pour les circonstances toutes particulières du *maximum* d'effet de ces roues, mais pour la série entière des effets qu'elles peuvent produire sous l'action d'une même force motrice; car les résultats qui précèdent prouvent que les mêmes coefficiens sont applicables à toutes les valeurs des formules déduites de ce principe.

Nos vérifications, au surplus, ne se sont pas bornées à ce seul exemple, et nous pourrions en rapporter beaucoup d'autres si nous ne craignions d'allonger trop ce Mémoire, et de nous écarter de l'objet spécial qu'on s'y propose.

30. On se rappellera en effet qu'il s'agit de comparer entre elles, dans les différens cas, les quantités d'action fournies par la nouvelle roue et par l'eau qui agit sur elle, afin de pouvoir apprécier d'une manière exacte les avantages qui peuvent être propres à cette roue, et les circonstances particulières où ces avantages auront lieu par son emploi dans la pratique. Or, nous ne sommes pas encore en état de résoudre ces questions d'une manière satisfaisante, attendu que nous ne connaissons pas avec exactitude la vitesse moyenne de l'eau à l'endroit de la roue, et que c'est néanmoins cette vitesse qu'il faut déterminer (26), si l'on veut obtenir des résultats comparables à ceux de la théorie.

Le moyen employé ci-dessus (26), outre qu'il est long et pénible, est d'ailleurs trop indirect pour qu'on puisse regarder comme suffisamment approchées de la vérité les valeurs auxquelles il fait parvenir; c'est pour-

quoi la première chose dont nous ayons à nous occuper maintenant est de déterminer par une série d'expériences les circonstances de l'écoulement de l'eau par la vanne et le coursier que nous avons mis en usage; nous ferons de ces expériences l'objet de la dernière partie de ce Mémoire; et pour compléter celle-ci autant qu'elle peut l'être quant à présent, nous terminerons par donner le tableau des divers résultats d'expériences et des calculs faits sur la roue pour le cas du *maximum* d'effet, en variant les ouvertures de vanne et la hauteur d'eau dans le réservoir, entre des limites assez étendues quant aux dimensions admises pour cette roue.

TABLEAU *des Résultats d'expériences faites sur la roue, sous différentes charges d'eau et ouvertures de vanne.*

NUMEROS des expériences.	HAUTEUR de l'ouverture de la vanne.	HAUTEUR DE L'EAU au-dessus du seuil de la vanne.	DÉPENSE effective de l'eau en 1 seconde, exprimée en poids.	RAPPORT de la dépense effective à la dépense théorique.	NOMBRE de tours DE LA ROUE pour le *maximum* d'effet.	VITESSE de la circonférence extérieure de la roue au *maximum*.	QUANTITÉ D'ACTION *maximum* de la roue.
	m.	m.	kil.			m.	
1		0,130	0,9412	0,791	0,4274	0,675	0,0553
2	0,01	0,180	1,1219	0,797	0,5814	0,919	0,0903
3		0,234	1,2778	0,793	0,6849	1,082	0,1351
4		0,100	1,6211	0,803	0,4000	0,632	0,0952
5		0,130	1,9068	0,802	0,4525	0,715	0,1389
6	0,02	0,150	1,9785	0,785	0,4630	0,732	0,1609
7		0,184	2,3439	0,793	0,5495	0,868	0,2284
8		0,234	2,6474	0,790	0,7143	1,129	0,3133
9		0,100	2,4052	0,813	0,3937	0,622	0,1341
10		0,130	2,8527	0,833	0,4464	0,705	0,2140
11	0,03	0,150	2,9677	0,801	0,4762	0,752	0,2559
12		0,180	3,4500	0,841	0,5952	0,940	0,3599
13		0,234	3,8942	0,824	0,6667	1,053	0,5282

OBSERVATIONS.

31. D'après ce qui a été dit précédemment, il paraît peu nécessaire d'entrer dans des détails sur la formation de ce tableau; je me contenterai simplement de présenter quelques réflexions sur les anomalies qui se trouvent dans la 5e colonne, entre les rapports des dépenses effectives et théoriques.

Ces anomalies auront lieu plus particulièrement, comme on voit, pour les ouvertures de vanne de 3p, correspondantes à des grandes dépenses d'eau : or, cela n'offre rien de bien étonnant, si l'on considère qu'il doit alors régner une plus grande incertitude dans l'observation directe des dépenses. On se tromperait néanmoins si on les attribuait à cette seule cause, car les nombres de la 5e colonne dépendent non-seulement de la dépense effective de l'eau, mais encore de la mesure directe de l'aire de l'orifice, qu'il n'est pas facile d'évaluer dans notre cas, et sur laquelle il suffit de se tromper d'un trentième pour obtenir des différences de plusieurs centièmes dans les rapports des dépenses effectives aux dépenses théoriques. Ces rapports, tels qu'ils sont portés à la 5e colonne, ne doivent donc point être regardés comme des nombres absolus, d'autant plus que les expériences qui les concernent ont été faites à des époques souvent éloignées de plusieurs jours; en sorte qu'outre l'impossibilité de régler d'une manière constante les hauteurs de vanne, il a pu encore survenir quelque dérangement dans le système de la charpente. Or, les circonstances de l'écoulement n'ayant pas été les mêmes dans les différens cas, il est impossible que les résultats concordent parfaitement entre eux. Tout ce qu'il

nous importe, pour le moment, de faire reconnaître et admettre, c'est qu'individuellement ces résultats sont tous très-exacts quant à ce qui concerne l'observation directe de la hauteur d'eau et de sa dépense, seules données qui nous soient indispensables pour l'évaluation de la quantité d'action fournie par l'eau, et qui ont toujours été déterminées à plusieurs reprises avec toute la précision désirable dans des expériences de ce genre.

32. Pour ne laisser absolument aucun doute à cet égard, il suffira d'une seule observation : les expériences numérotées 6 et 11 sont celles dont les nombres portés à la 5ᵉ colonne offrent la plus grande anomalie relativement aux expériences voisines, puisqu'ils sont plus faibles de quelques centièmes : or, ces expériences ont été faites toutes deux le même jour et à une époque éloignée de celle qui appartient aux autres ; et quant au dérangement qui peut survenir dans la charpente du vannage, nous en avons acquis la preuve lorsqu'au bout d'un certain temps nous avons voulu reprendre la mesure de la largeur du pertuis et du coursier : cette largeur, qui primitivement était de 8ᶜ, s'est trouvée de 0ᵐ·,076, et même de 0ᵐ·,074 ; de sorte que, par l'effet de l'humidité ou d'autres causes, elle avait varié de plus d'un 20ᵉ.

Dans l'évaluation des nombres de la 5ᵉ colonne, on a cherché, autant que possible, à tenir compte de cette cause d'erreur ; néanmoins, comme elle n'a été observée qu'au bout d'un certain temps, on ne saurait regarder ces nombres comme indiquant avec exactitude les rapports des dépenses effectives aux dépenses théoriques. Nous reviendrons plus tard sur cet objet, en reprenant la série entière des expériences sur l'écoulement de fa-

çon à obtenir des résultats entièrement comparables. Il nous suffit pour le moment d'avoir constaté que les anomalies des nombres de la 5e colonne du tableau ci-dessus ne sont pas dues entièrement aux erreurs de l'observation dans les dépenses effectives, qui, je le répète, ont toutes été faites avec le plus grand soin et à diverses reprises.

(*La fin au Cahier prochain.*)

ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 1er *août* 1825.

L'ACADÉMIE a reçu, dans cette séance, un Mémoire de M. Brissy, médecin, intitulé : *Lunettes rostrales*; une Lettre de M. Surun, qui s'offre pour tenter une nouvelle épreuve sur la contagion de la fièvre jaune, dans le cas où celle de MM. Lassis et Costa n'aurait pas le résultat que ces médecins en attendent; des Observations *sur les Courbes du second degré*, par M. Hachette.

M. Arago communique des observations qu'il a faites, durant les dernières chaleurs, avec des thermomètres diversement enfoncés dans le sol du jardin de l'Observatoire royal.

M. de Prony, au nom d'une Commission, fait un rapport détaillé sur un Mémoire de MM. Brousseaud et Nicollet intitulé : *Exposé des opérations relatives à la mesure d'un arc d'un parallèle à l'équateur.*

L'Académie va au scrutin pour l'élection du successeur de M. Burckhardt ; le nombre des membres votans est de 46 : M. Damoiseau obtient 43 suffrages.

M. Cauchy fait un rapport défavorable sur un Mémoire d'analyse présenté par un auteur qui prend le nom de *Philarmos*.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Extrait de son travail *sur les Monstruosités humaines caractérisées par l'absence de la moelle arbro-spinale, et nommées* anencéphales.

Séance du lundi 8 août.

M. de Montferrand écrit à l'Académie une lettre destinée, dit-il, à montrer que les propriétés des courbes du second degré communiquées dans la dernière séance par M. Hachette, étaient déjà connues.

MM. Payen et Chevallier, d'une part, et M. Leroy d'Etioles, de l'autre, déposent des paquets cachetés.

M. Dupetit-Thouars lit une Notice intitulée : *Sur une Dilatation qu'éprouvent quelquefois les scions du peuplier blanc.*

On donne lecture d'un Mémoire de MM. Quoy et Gaymard *sur quelques Crustacés considérés sous le rapport de leurs mœurs et de leur distribution géographique.*

M. Lassis lit un Mémoire *sur l'Epizootie de* 1815 *et sur celle de* 1825.

Séance du lundi 15 août.

Le Ministre des Affaires ecclésiastiques communique un Mémoire concernant la difficulté de placer un paratonnerre sur le clocher de la cathédrale de Metz.

M. Dupin lit une Notice *sur un nouvel Enseignement de la géométrie et de la mécanique appliquée aux arts.*

MM. Vauquelin et Thenard font un rapport très-favorable sur le Mémoire de MM. Bussy et Lecanu que nous avons déjà publié.

Les mêmes commissaires font aussi un rapport flatteur sur un travail de M. Dupuy également relatif à la distillation des matières grasses.

M. Jonnès lit un Extrait des enquêtes officielles qui ont été faites dans divers pays sur la contagion de la fièvre jaune.

M. Marion lit un Mémoire *sur la Cautérisation dans la variole et les autres maladies éruptives.*

La Section d'Anatomie et de Zoologie présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place de correspondant vacante dans son sein :

MM. Desmarest et Meckel ; MM. Defrance et Léon Dufour ; MM. Kirby ; Strauss ; Bonnelli ; Marcel de Serres ; MM. Quoy et Gaymard.

Séance du lundi 22 août.

M. Félix Savart adresse quatre Mémoires sur diverses questions d'acoustique. (Nous en avons publié deux dans les Cahiers d'août et de septembre. Nous ferons connaître les autres prochainement.)

MM. Bérard et Payen déposent un paquet cacheté.

M. Arago lit une lettre de M. Benjamin Valz, de Nîmes, dans laquelle se trouve l'annonce de la découverte faite par cet habile observateur de la comète à courte période.

M. Lavocat adresse quelques réflexions sur des questions d'hydraulique; M. de Châteauneuf, un Mémoire *concernant l'Influence de la vaccine sur la population de la France*; MM. Costa et Lasserre, des remarques critiques sur la Notice de M. Jonnès lue dans la dernière séance.

On procède au scrutin pour l'élection d'un correspondant : M. Desmarest obtient 27 suffrages; M. Meckel 13; M. de France 3, et M. Marcel de Serres 1.

M. Cousinery, ingénieur des Ponts et Chaussées, avait adressé à l'Académie un Mémoire intitulé : *De la Géométrie perspective*. M. Mathieu en a rendu, dans cette séance, un compte favorable.

M. Lonchamp lit un Mémoire *sur les Effets d'une haute température appliquée à l'évaporation des liquides*.

M. Julia Fontenelle présente une Note *sur le Soufre natif hydraté trouvé dans le département de l'Aude*.

M. Arago, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le voyage de découvertes exécuté sous le commandement du capitaine Duperrey. (Nous publierons ce rapport dans un autre Cahier.)

Séance du lundi 29 août.

MM. Leveillé et Thiebaud de Bernaud adressent une Note concernant les observations qu'ils ont faites sur un caméléon vivant; M. Bérard, un Mémoire *sur le Théorème de Fermat*.

MM. Cuvier et Duméril font un rapport sur le Mémoire du D[r] Barry *concernant l'Influence de l'atmosphère sur la circulation du sang*.

Ce Mémoire a pour objet principal de déterminer, par des expériences positives, quelle est la puissance qui force le sang veineux à se diriger dès plus petites ramifications où il est puisé jusqu'au cœur où il aboutit.

En étudiant le phénomène de la circulation veineuse, M. Barry a été conduit à reconnaître que par l'acte de l'inspiration il se fait un vide dans la cavité de la poitrine, laquelle tend à se dilater, et que tout liquide en communication avec l'intérieur du thorax devait y être attiré, comme forcé par la pression atmosphérique. Tous les faits connus trouvent, il faut l'avouer, leur explication dans cet effet physique : tels sont en particulier le gonflement des veines jugulaires dans l'expiration, et leur affaissement dans le mouvement inverse; la cessation de certaines hémorrhagies par des inspirations forcées ; l'absorption de l'air par les veines, et les accidens qui en ont été la suite lors de l'ouverture ou de la section de quelques-uns de ces grands canaux voisins du cœur.

L'auteur ne s'est pas contenté de rapprocher les faits qui viennent à l'appui de son opinion, il a voulu la corroborer par des expériences directes dont voici les principales :

Ayant ajusté sur l'une des grosses veines, comme sur la jugulaire d'un animal vivant, le bout d'un tube de verre garni d'un robinet, et ayant placé l'autre extrémité libre de ce tube dans une liqueur colorée, il a reconnu, après avoir ouvert le robinet, que toutes les fois que l'animal faisait une forte inspiration le liquide était vivement absorbé, et que dans l'expiration, au

contraire, il restait stationnaire s'il ne refluait pas. Nous pouvons annoncer de suite que le même phénomène se reproduisait toutes les fois que l'expérimentateur avait introduit le même tube, disposé très-artistement, dans une des cavités du thorax, et même du péricarde.

Afin de rendre ce mouvement du liquide absorbé par le tube plus sensible à la vue, M. Barry s'est servi de canaux contournés en spirales, afin que, l'espace à parcourir étant plus long, le mouvement devînt plus évident; et pour rendre leur ascension plus distincte, il a mêlé ou introduit dans les liquides colorés quelques gouttes d'huile ou des bulles d'air, qui servaient à faire mieux distinguer leur progression.

Dans toutes ces expériences, exécutées avec la plus grande adresse et avec des précautions bien satisfaisantes contre toutes les objections qu'on pourrait leur opposer, l'auteur du Mémoire dont nous désirons faire connaître les conséquences, s'est assuré que le mouvement aspirateur de la grosse veine était coïncident avec l'instant où l'animal tendait à opérer le vide dans la poitrine; que le sang noir ne traverse les veines que pendant l'acte et le temps de l'inspiration, et que ce mouvement veineux est toujours placé sous l'influence de l'air ou de la pression atmosphérique.

M. Barry est tellement convaincu de cette action de l'atmosphère sur l'absorption veineuse, qu'il regarde comme un moyen assuré d'empêcher l'absorption d'une matière vénéneuse, l'application d'une ventouse sur une plaie récemment empoisonnée, ou dans l'intérieur de laquelle on aurait introduit une substance délétère.

M. Dupin fait un rapport verbal sur le nouveau *Bulletin des Sciences* de M. de Férussac.

M. Civiale lit un Mémoire *sur les Moyens qu'il emploie pour broyer la pierre dans la vessie.*

Sur une nouvelle Variété de wolfram, ou tungstate de fer, schelin ferrifère des minéralogistes.

PAR M. VAUQUELIN.

MM. DELHUYAR sont les premiers qui aient trouvé dans le wolfram l'acide que Scheèle avait découvert dans le *tungstène* des Suédois, *tungstate* calcaire. Ils reconnurent de plus que ce minéral était mêlé d'oxide de manganèse; mais ils ne cherchèrent pas à connaître l'état et la proportion où ce dernier métal s'y trouvait.

Quelques années après, M. Hecht et moi, fîmes, à l'Ecole des Mines, une nouvelle analyse du wolfram, qui donna pour résultat la composition suivante :

1°. Acide tungstique......	67	91.
2°. Oxide de fer........	18	
3°. Oxide de manganèse .	6	

Enfin, M. Berzelius, dans ses Déterminations des élémens de la matière inorganique, a fixé la composition de ce minéral aux termes suivans :

1°. Acide tungstique.....	74.666	97,9.
2°. Oxide de fer........	17.594	
3°. Oxide de manganèse .	5.670	

M. Berzelius, pensant que le fer et le manganèse se trouvent dans le wolfram à l'état de protoxides, a cal-

culé le rapport entre l'oxigène de ces bases et celui de l'acide.

M. Alluau aîné, qui s'est toujours, comme on sait, beaucoup occupé de la minéralogie de son pays, la Haute-Vienne, m'a envoyé dernièrement, entr'autres minéraux, un échantillon de tungstate de fer dans lequel il soupçonnait la présence de l'yttria et du tantale, pour que je le soumisse à l'analyse. Je n'ai pu y reconnaître ni l'une ni l'autre de ces matières; mais j'ai trouvé que les rapports de ses élémens diffèrent de ceux établis précédemment dans le wolfram par les chimistes cités plus haut.

Par une première analyse, nous avons obtenu les résultats suivans :

1°. Peroxide de fer................	16	100.
2°. Peroxide de manganèse........	14.8	
3°. Par conséquent, acide tungstique.	69,2	

Mais, en examinant le fer, nous avons reconnu qu'il contenait encore du manganèse, et celui-ci un peu de carbonate de chaux.

Dans une seconde analyse, nous avons eu :

1°. Peroxide de fer................	15.6	100.
2°. Peroxide de manganèse..........	16	
3°. Par conséquent, acide tungstique.	68.4	

Enfin, une troisième expérience nous a donné :

1°. Peroxide de fer................	13.8	100.
2°. Peroxide de manganèse..........	13	
3°. Par conséquent, acide tungstique.	73.2	

Il y a donc ici une proportion plus forte de manganèse que dans le wolfram ordinaire; mais il s'agit de savoir si c'est bien véritablement une variété nouvelle,

ou si la différence qui se rencontre ici ne dépendrait pas plutôt des moyens moins exacts employés alors. Il faut donc que je dise comment j'ai opéré.

1°. Je fait fondre le minéral pulvérisé, dans un creuset de platine, avec une partie et demie de potasse caustique, à laquelle j'ajoute un peu d'eau pour faciliter le mélange. 2°. Quand la matière est en fonte bien liquide, ce qui arrive promptement, je délaie le tout dans l'eau, et je fais bouillir pendant quelque temps pour accélérer la précipitation des oxides de fer et de manganèse. 3°. Je tire le liquide à clair à l'aide d'une pipette, et je lave le résidu avec de l'eau bouillante jusqu'à ce qu'elle ne prenne plus le caractère alcalin. 4°. Alors je fais sécher à une chaleur rouge les oxides, et je les pèse. 5°. Je les fais dissoudre dans l'acide muriatique, j'étends la dissolution avec de l'eau, et j'y mêle peu à peu de la dissolution de carbonate de potasse, jusqu'à ce que le fer soit bien séparé, et que le liquide soit sans couleur. 6°. Je filtre sur un papier séché et pesé, et quand il est bien lavé, je le fais chauffer dans un creuset de platine; mais comme il en reste toujours une petite portion au filtre, je fais sécher celui-ci à une température de 100d., et je le pèse de nouveau, ou bien je le brûle, et d'une autre part, je brûle le même poids de papier à filtrer, et je mets la cendre du côté des poids pour faire équilibre à la cendre du filtre.

Quant au manganèse qui reste dans la liqueur, je le précipite par le sous-carbonate de potasse : il se présente sous la forme de flocons blancs qui ne tardent pas à perdre leur volume et à devenir grenus. Il faut avoir le soin de remuer pendant quelque temps le vase pour que

la matière ne s'attache pas à ses parois, ce qu'on ne peut pas toujours empêcher.

Je demande pardon aux chimistes d'entrer dans ces détails minutieux; mais ils ne seront peut-être pas superflus pour quelques personnes.

La quantité de bases se trouvant ici plus grande qu'il ne faut pour s'accorder aux proportions établies entre elles et l'acide tungstique, on a fait encore l'expérience suivante:

Cinq grammes de wolfram traités par la potasse ont donné 1 gram. 59 centigr. de fer et de manganèse; l'analyse de ces 1,59 cent. a fourni 69 cent. de fer, 65 de manganèse, et 19 de silice; ces quantités, divisées par 5, pour les convertir en centièmes, produisent, pour le fer, 13,8; pour le manganèse, 13; et pour la silice, 3,8 : mais en examinant le manganèse, on y a trouvé 8 cent. de carbonate de chaux qui, divisés également par 5, produisent 16 milligr. qu'il faut retrancher. Ainsi l'oxide de manganèse se trouve réduit par là à 11,4 gram.

Comme on a fait quatre opérations qui ont donné le même résultat, à moins d'un centième près, et que l'expérience ci-dessus a été faite avec les plus grandes précautions, nous avons lieu d'espérer qu'elle est aussi exacte qu'on peut l'attendre des moyens chimiques.

En sommant donc les différentes quantités de matière que nous venons d'exposer, nous trouvons 31,48 ; mais sur cette quantité, il y a 4,68 de silice et de chaux qui ne font sans doute pas partie essentielle du minéral : cela réduit à 26,80 le fer et le manganèse.

Ainsi, en soustrayant ces 4,68 de silice et de chaux, il se trouve que nous n'avons opéré que sur 95,32 cent.

de wolfram ; ce qui conséquemment élève les quantités de fer à 14,462, de manganèse à 11, 949, et l'acide tungstique à 73,599 cent. A cette occasion, nous avons répété l'analyse du wolfram ordinaire, dont les résultats ont été comme il suit :

1°. Peroxide de fer..........	19 5	31.
2°. Peroxide de manganèse...	5 4	
3°. Silice....................	4 5	
4°. Alumine................	1 6	

Mais retranchant de cette quantité les 6,1 de silice et d'alumine qui doivent être considérés comme partie étrangère, le fer se trouve élevé à 20,745, le manganèse à 5,744, et par conséquent l'acide tungstique à 73,511.

Il est donc évident que cette espèce de tungstate de fer est différent de celui dont nous avons parlé plus haut par la quantité de manganèse qui n'en fait à-peu-près que la moitié ; mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que la quantité d'acide est sensiblement la même.

Nous avons fait deux analyses du wolfram ordinaire, en l'attaquant directement par l'acide muriatique, et nous avons obtenu une fois 70, et l'autre 72 d'acide tungstique. L'opération est très-longue et très-laborieuse, parce que l'acide muriatique ne décompose que difficilement les dernières portions de wolfram, et que celui-ci s'attache aux parois du vase si l'on n'a pas soin de remuer très-souvent.

Lorsque l'acide ne se colore plus et que le résidu est d'un jaune pur, il faut le laver à l'eau, et ensuite le traiter avec l'ammoniaque à plusieurs reprises ; s'il reste quelque chose d'insoluble dans l'ammoniaque, ce qui

arrive presque toujours, il doit être blanc; on fait sécher ce résidu, on le pèse, et on retranche son poids de celui du wolfram employé. Cette méthode pourrait être inexacte si l'on ne s'assurait que l'acide muriatique n'a pas dissous de l'alumine ni de la chaux. C'est sans doute la raison pour laquelle nous n'avons pas obtenu une aussi grande quantité d'acide tungstique par ce moyen que par la potasse.

En laissant en contact de l'acide muriatique et du wolfram en poudre fine, ce dernier est entièrement décomposé à la longue; mais, dans ce cas, il faut que la quantité d'acide soit très-grande, et qu'il soit au *maximum* de concentration. Alors si, après avoir décanté la dissolution ferrugineuse, on y mêle de l'eau, elle devient laiteuse et laisse déposer une matière jaune floconneuse qui est de l'acide tungstique.

Quand ce dernier a été bien lavé, il semble qu'on soit en droit de croire à sa pureté: cependant il contient un peu de fer; car, si on le dissout dans l'ammoniaque, il prend une teinte bleue, et laisse après sa dissolution une matière jaune qui est de l'oxide de fer.

Ainsi il paraît que l'acide muriatique, soit à froid, soit à chaud, ne décompose jamais complètement le tungstate de fer. Il se forme un sur-tungstate dont une partie se dissout dans l'acide muriatique quand celui-ci est assez fort et en assez grande quantité.

Telle est sans doute la raison pour laquelle l'acide tungstique devient bleu quand on le dissout dans un alcali : c'est qu'il se reforme une petite quantité de tungstate de fer qu'un excès d'alcali décompose, et ne laisse enfin que de l'oxide de fer.

Désirant connaître la quantité absolue d'oxigène contenue dans le wolfram, j'ai réduit 100 parties de tungstate de fer ordinaire à une forte chaleur : il a perdu 40 pour 100. Dans une autre expérience faite à-peu-près à la même température, mais de plus longue durée, la perte a été de 46 pour 100. Le fer qui entre dans la composition de ce minéral étant de 20,745 par 100, a dû contribuer à la perte pour 4,50$^{c.}$; et l'oxide de manganèse, étant dans la proportion de 5,4, a dû produire une perte de 52 centigr., lesquelles pertes forment 5,09 : le restant de la perte, qui est de 34,91$^{c.}$, doit appartenir à l'acide tungstique.

Or, les oxides de manganèse et de fer formant ensemble une somme de 26,945, l'acide tungstique doit former le complément du quintal, c'est-à-dire, 73,855; ce qui s'approche beaucoup du résultat de Berzelius, qui estime la proportion de l'acide tungstique dans le wolfram à 74,666.

Ces 73,855 contiendraient, d'après cela, 34,96 d'oxigène; par conséquent, 100 parties de cet acide en renfermeraient 47,20.

J'ai admis, pour faire ce calcul, que dans 100 de protoxide de fer, il y a 22,57 d'oxigène; car j'ai supposé que ce métal est au *minimum* dans le tungstate de fer; j'ai également admis que 100 de protoxide de manganèse contiennent 28,107 d'oxigène, d'après Arfwedson.

Mais ces résultats ne s'accordent nullement avec les analyses de MM. Delhuyar, Bucholz et Berzelius, qui tous n'admettent qu'un cinquième d'oxigène dans l'acide tungstique. Je crois cependant n'avoir rien perdu dans mes expériences; la masse métallique obtenue était bien

unie et parfaitement entière. Voici, au surplus, comment j'ai opéré : le wolfram, mis dans un petit creuset de charbon, fut introduit dans un autre creuset de charbon fermé par un bouchon de même nature, et le tout placé au milieu du sable contenu dans un creuset de Hesse, où il fut chauffé au feu de forge pendant une heure.

Ne sachant à quoi attribuer cette différence, je m'imaginai qu'une partie de l'acide tungstique avait été volatilisée. Pour m'en assurer, je fis chauffer de l'acide tungstique à une chaleur modérée, mais suffisante pour le réduire, et je n'eus en effet que 20 pour 100 de perte ; mais l'ayant une autre fois soumis à une chaleur très-forte et de longue durée, il éprouva une perte de 30 pour 100. Une partie des métaux a donc été volatilisée.

Quoique j'aie admis, pour faire mon calcul, que le fer est dans le wolfram à l'état de protoxide, cependant les phénomènes que m'a présentés ce métal dans le cours des analyses de ce minéral m'ayant laissé des doutes à cet égard, j'ai cru devoir les soumettre à l'épreuve de l'expérience : voici les résultats que j'ai obtenus :

1°. J'ai mis dans la dissolution d'un gramme de sulfate de fer cristallisé, une dissolution d'or aussi neutre que possible, et l'on a obtenu 22 cent. d'or.

D'une autre part, j'ai mêlé à la dissolution du fer extrait de 5 gram. de wolfram au moyen de l'acide muriatique, de la dissolution d'or en excès. La quantité d'or métallique a été de 0,37 cent. : or, dans un gramme de sulfate de fer cristallisé, il y a environ 26 cent. de protoxide, et dans 5 grammes de wolfram il y a au moins

72 cent. de ce même oxide; cette quantité de fer, si elle était à l'état de protoxide, aurait dû, d'après les proportions ci-dessus, précipiter 76,154 gr. d'or métallique, et elle n'en a donné que 37 : il n'y a donc à-peu-près que la moitié du fer contenu dans le wolfram qui soit à l'état de protoxide. On objectera peut-être que pendant la décomposition du wolfram, laquelle ne peut avoir lieu qu'à l'aide de l'ébullition, une partie du fer s'est sur-oxidée; mais cette opération se faisant par l'acide muriatique concentré et en grand excès, il n'y a guère d'apparence que cet effet ait lieu. D'ailleurs, quand on met à froid du wolfram en poudre impalpable avec de l'acide muriatique concentré dans un vase où il n'y a pas d'air, il communique à la liqueur une couleur jaune foncée; ce qui n'arriverait pas, ce me semble, si le fer était entièrement au *minimum*. Si ce que je dis là est la vérité, il en résulte que le rapport de 1 à 3 entre l'oxigène des bases et celui de l'acide tungstique n'est pas exact, au moins pour cette espèce de combinaison.

Analyse *d'une nouvelle Espèce de phosphate de fer du département de la Haute-Vienne.*

Par M. Vauquelin.

Le minéral dont il s'agit m'a été envoyé par M. Alluaud aîné; il a une couleur brune, une cristallisation en forme d'aiguilles rayonnantes, comme certaines variétés de manganèse; on y remarque quelques petits points bleus. Sa

poussière a une couleur vert-olive mûre : il fond au chalumeau en un verre noir opaque.

Chauffé au rouge pendant quelque temps avec le contact de l'air, il perd dix pour cent de son poids et prend une couleur rougeâtre : dans une autre expérience, il n'a perdu que 8,4.

5 grammes de ce minéral ont été dissous dans l'acide muriatique, qui, pour cet effet, doit être concentré. Une petite quantité de matière blanche grenue, pesant 15 centigrammes, et dans laquelle on remarquait des grains de quartz et des lamelles de mica, a refusé de se dissoudre.

La dissolution, de couleur jaune-brunâtre, a été étendue d'eau et mêlée avec une forte dissolution de potasse dont on a mis un grand excès, et qu'on a agitée pendant long-temps.

Cette opération a été faite dans l'intention, 1°. de connaître la quantité de matière insoluble dans l'acide muriatique que contenait le minéral ; 2°. de dissoudre dans l'excès d'alcali l'alumine qui pouvait s'y trouver.

Le fer et le manganèse, qui avaient dû être précipités ensemble dans l'opération ci-dessus, ont été séparés du liquide et lavés à l'eau bouillante, jusqu'à ce que les dernières parties de celle-ci ne fussent plus alcalines. Ces deux oxides métalliques, parfaitement desséchés, pesaient ensemble 3,04 gr.

Pour en opérer la séparation, j'ai employé le procédé suivant, que des expériences multipliées m'ont démontré être le meilleur. Je les fais dissoudre dans l'acide hydrochlorique, étendu de moitié d'eau, à l'aide de la chaleur : on reconnaît aisément la présence de l'oxide de manganèse, 1°. à l'odeur du chlore qui se dégage ; 2°. à la décol-

caustique à l'alcool. J'ai délayé la matière dans l'eau distillée, j'ai fait bouillir le liquide, et lorsque les oxides de fer et de manganèse ont été déposés, j'ai décanté la liqueur et l'ai remplacée par de nouvelles quantités d'eau jusqu'à ce que le dernier lavage ne fût plus alcalisé. Alors j'ai fait sécher les oxides, dont le poids s'est trouvé de 3,12 gr. ; ce qui fait 62,4 pour cent.

L'analyse de ces deux oxides a donné 2,76 pour le fer, et 34 centig. pour l'oxide de manganèse, quantités qui, divisées par 5, produisent 55,2 de fer et 6,8 de manganèse.

La liqueur alcaline qui devait contenir l'acide phosphorique et peut-être quelques traces d'alumine, saturée par l'acide nitrique et soumise à l'ébullition pour dégager l'acide carbonique, a été ensuite mêlée avec une dissolution de nitrate de plomb, aussi neutre que possible : il s'est formé un précipité qui, lavé d'abord à l'eau froide et ensuite à l'eau bouillante, a été séché au rouge ; il pesait 6,75 grammes.

Les combinaisons du plomb avec l'acide phosphorique se faisant à différentes proportions, et ne connaissant pas bien l'espèce à laquelle celle-ci pouvait appartenir, je n'ai pu en tirer, par le calcul, la quantité d'acide phosphorique. J'ai donc été obligé de l'analyser directement; pour cela j'ai fait dissoudre, à l'aide de la chaleur, ce phosphate dans la quantité d'acide nitrique strictement nécessaire. La dissolution, étendue de beaucoup d'eau, a été précipitée par le sulfate de soude, et j'ai obtenu 6,69 gr. de sulfate de plomb, qui contiennent, suivant les analyses les plus récentes, 4,96 d'oxide, qu'il faut retrancher de 6,75 : reste 1,79, qui, divisés par 5,

produisent 35,8 d'acide phosphorique pour cent de minéral.

Cette quantité d'acide phosphorique est évidemment trop forte, car nous avons obtenu, en oxide de fer, oxide de manganèse et eau, une somme de 71,2, et il ne nous faudrait que 28,8 d'acide phosphorique pour compléter la quantité de matière employée : il y a donc 7 centièmes d'acide phosphorique de trop.

Cet excédant peut provenir d'un peu d'acide carbonique resté dans le phosphate de plomb, car j'avais laissé la liqueur également alcaline, et de la sur-oxidation de manganèse : je crois que je ne m'éloignerais pas beaucoup du véritable terme où se trouve l'acide phosphorique dans notre minéral, en le fixant à 30 centièmes, vu qu'il y a une petite quantité de silice et d'alumine qui restent avec les oxides.

Quant à l'état où se trouvent les oxides de fer et de manganèse dans le phosphate, les expériences suivantes me paraissent prouver clairement que le fer y est saturé d'oxigène, et que le manganèse est au premier degré d'oxidation.

En effet, 5 grammes du minéral dissous dans l'acide muriatique à l'aide de la chaleur et sans le contact de l'air, étendus ensuite dans de l'eau distillée bouillie, n'ont produit aucun changement dans la dissolution d'or parfaitement saturée. D'une autre part, il ne se dégage pas la moindre trace de chlore pendant la dissolution du minéral dans l'acide muriatique. Il est vrai que cette absence de chlore ne serait pas une preuve de ce que j'avance si le fer était à l'état de protoxide; mais la quantité de manganèse est trop petite pour que,

en passant du *maximum* au *minimum*, la quantité de chlore qui en résulterait fût suffisante pour sur-oxider tout le fer ; on connaît d'ailleurs le peu de tendance qu'a le peroxide de manganèse pour s'unir aux acides. La non-précipitation de l'or dans cette circonstance n'exclut pas l'état de protoxide où se trouve le manganèse, parce que les proto-sels de ce métal ne précipitent pas l'or de sa dissolution.

Nous répéterons ici ce que nous avons dit, il y a environ vingt-cinq ans, au sujet d'un phosphate de manganèse et de fer du même pays ; c'est que si l'on en trouvait des masses assez considérables, on pourrait l'employer avec beaucoup de succès pour vernisser les poteries ; car, à la propriété de se fondre très-facilement et de fournir un vernis noir très-brillant, il réunit l'avantage de n'être point malfaisant pour les ouvriers ni pour les consommateurs.

Je donnerai, dans une occasion prochaine, l'analyse de deux autres variétés de phosphates de fer et de manganèse.

RECHERCHES *sur l'Emploi des sels neutres dans les analyses végétales, et application de ce procédé à l'opium.*

PAR ST. ROBINET.

(Extrait.)

LA difficulté de séparer les uns des autres les principes immédiats des végétaux est une des principales causes qui ont retardé long-temps les progrès de la chi-

mie végétale; et quoique les procédés d'analyse aient reçu depuis quelques années de grands perfectionnemens, ils laissent encore beaucoup à désirer. Le nombre des dissolvans dont on peut faire usage est peu considérable, et l'application d'un dissolvant nouveau est une acquisition importante. M. Robinet, en partant du fait connu que les sels se précipitent mutuellement de leurs dissolutions, a pensé qu'ils pourraient aussi servir de dissolvant à quelques principes végétaux, et n'avoir pas d'action sur d'autres. C'est cette idée principale qu'il a cherché à appliquer dans le travail dont nous allons présenter l'extrait.

L'eau saturée de sel marin dissout la gomme et le sucre à-peu-près comme l'eau pure. La même dissolution saline, mise en contact avec du quinquina et de la rhubarbe en poudre, de l'extrait de quinquina, de l'extrait de noix vomique, de l'opium, de l'extrait de réglisse, de la garance, de la cochenille, avait acquis, au bout de quelques heures, beaucoup moins de couleur que l'eau pure mise en contact avec les mêmes substances.

L'extrait de quinquina s'était séparé dans l'eau salée en deux parties bien distinctes. L'une, insoluble, résineuse, était réduite à un état pulvérulent, qui lui donnait l'aspect du sable; l'autre, soluble, avait communiqué à l'eau une viscosité qui rendait sa filtration difficile.

L'extrait de noix vomique avait présenté les mêmes phénomènes; la liqueur salée était extraordinairement amère et précipitait abondamment par l'ammoniaque; la résine était pulvérulente.

L'eau salée dans laquelle avait digéré l'opium était très-peu colorée et amère ; elle précipitait de la morphine par l'ammoniaque. Le marc était réduit à l'état pulvérulent, tandis que celui qui s'était formé dans l'eau pure était floconneux et visqueux.

La garance n'a cédé à l'eau salée qu'une petite quantité de sa matière colorante jaune, et point de matière rouge. Elle cède, au contraire, promptement à l'eau pure ces deux matières colorantes.

La cochenille a coloré à peine la dissolution saline, même au bout de plusieurs jours ; tandis qu'elle a coloré très-promptement l'eau pure en rouge foncé. Si la liqueur saline n'était pas saturée, son action serait proportionnelle à la quantité de sel qu'elle tiendrait en dissolution. Cette action est encore variable avec la température, c'est-à dire que lorsque la liqueur saline agit sur quelque principe végétal, elle en dissout plus à chaud qu'à froid ; enfin chaque sel a une action particulière sur les divers principes végétaux.

Analyse de l'Opium.

L'analyse de l'opium par les dissolvans salins devait présenter de l'intérêt, parce qu'on pouvait espérer d'obtenir la morphine dans l'état de combinaison où elle existe dans cette substance. Des essais préliminaires ayant fait reconnaître qu'une dissolution de sel marin, à 15° de l'aréomètre de Baumé, dissolvait la plus grande quantité de morphine, on fit macérer un certain poids d'opium, coupé en petits morceaux, dans six fois son poids de cette dissolution. L'opium devint blanchâtre et se divisa ; on facilita encore l'action en le malaxant. Au

bout de douze heures, la liqueur fut filtrée, et le marc soumis de nouveau à l'action de 4 parties de dissolution saline.

Les deux liquides étaient très-peu colorés; ils furent réunis et soumis à l'évaporation. Dès qu'il commença à se former des cristaux de sel marin, on vit en même temps une substance brune, fluide et comme résineuse, surnager à la surface du liquide, pouvant se dissoudre en totalité dans l'eau; on continua l'évaporation à siccité, et on versa sur la masse saline de l'alcool à 38°. L'acool se colora légèrement, et après quelques heures de digestion, il fut décanté et remplacé successivement par trois nouvelles quantités du même liquide. L'évaporation au bain-marie des liqueurs alcooliques produisit une masse un peu colorée, formée de petites aiguilles réunies en mamelons. Cette masse fut lavée avec de l'alcool, séchée et redissoute dans l'eau chaude. Par le refroidissement, elle cristallisa de nouveau : c'était le *sel de morphine*.

L'eau-mère alcoolique et l'eau-mère aqueuse furent réunies et abandonnées à elles-mêmes à l'air libre. A mesure que l'évaporation se faisait, il venait surnager à la surface du liquide une matière fluide entièrement soluble dans l'eau, et fournissant une nouvelle cristallisation de matière semblable à celle obtenue précédemment. La séparation de cette matière fluide était due à la présence d'une certaine quantité de sel marin qui avait été dissous par l'alcool, et qui, en se concentrant dans le liquide par l'évaporation, déterminait la séparation des restes de matière cristalline.

Lorsqu'il ne se sépara plus de cette substance, il se

forma au fond du vase évaporatoire une croûte de matière blanche, qui fut reconnue pour du *méconate acide de soude.*

L'opium épuisé par la dissolution de sel marin fut traité par l'eau froide. Celle-ci donna encore, par des cristallisations répétées, un peu de sel de morphine et de méconate.

Le marc fut ensuite traité à froid par l'alcool déphlegmé. La dissolution concentrée par l'évaporation, mêlée avec de l'eau, laissa précipiter une *substance résineuse* qui, traitée par l'alcool, se sépara en deux parties ; l'une insoluble et solide, l'autre molle et soluble. Après ce traitement par l'alcool froid, un second par l'alcool bouillant enleva à l'opium une substance inflammable qui resta molle après le refroidissement. Enfin, au moyen de l'éther, on obtint de la *narcotine*, mêlée avec une substance huileuse qui n'offrit rien de remarquable, et qui avait déjà été obtenue par M. Robiquet.

Si, dans une dissolution aqueuse d'opium on jette par petites portions du sel marin en poudre, on voit se précipiter, à mesure que le sel se dissout, une substance poisseuse qui s'attache aux parois du vase. Il faut éviter d'ajouter trop de sel, quoiqu'il continue de troubler la liqueur ; car on précipiterait à-peu-près tout le sel de morphine. On évapore ensuite à siccité, et on traite le résidu par l'alcool : ce procédé, exécuté d'une manière convenable, pourrait être avantageux ; mais il a l'inconvénient d'être tout-à-fait incertain par les tâtonnemens qu'il exige.

La dissolution de sulfate de magnésie, saturée à 10°

de température, donne à-peu-près les mêmes résultats que celle de sel marin. Il arrive même que lorsqu'elle a été concentrée suffisamment pour que le sel cristallise en masse, celui de morphine se sépare complètement en une couche d'apparence résineuse qui se concrète par le refroidissement à la surface du sulfate, et qu'on sépare aisément; ce qui dispense de traiter par l'alcool un grande masse de sel.

Le nitrate de potasse donne aussi des résultats satisfaisans; mais il n'est pas préférable aux deux sels précédens. Le sulfate de soude ne peut être employé.

Substance résineuse molle. C'est cette substance que Bucholz le premier et d'autres chimistes depuis ont considérée comme du caoutchouc : elle était insoluble dans l'éther non lavé, et soluble dans l'essence de térébenthine.

Substance résineuse solide. Quoique l'on donne le nom de *résine* à cette substance, cependant une fois obtenue, elle ne se dissout plus dans l'alcool froid, ni dans l'éther et l'essence de térébenthine à chaud. Elle est sans odeur et sans saveur bien sensibles.

La résine soluble dans l'alcool, séparée de la résine solide, avait conservé une forte odeur d'opium. Les physiologistes y trouveraient peut-être des propriétés utiles.

Méconate. C'est un sel grenu, d'une dureté qu'on remarque très-rarement dans les sels formés par les alcalis végétaux, soluble dans l'eau, mais moins que le sel de morphine; l'alcool le dissout aussi : cependant quand ce liquide est très-déphlegmé, il n'en dissout qu'une petite quantité, et peut être employé pour le débarrasser du sel de morphine. En dissolution dans l'eau, il rou-

git le tournesol d'une manière très-prononcée, même après avoir été lavé à plusieurs reprises avec l'alcool. On ne peut douter que ce sel n'existe dans l'opium à l'état de sel acide; l'extrait d'opium présente même une acidité si prononcée, qu'il est très-probable qu'il contient de l'acide libre, ou au moins combiné avec des substances incapables de le saturer.

La dissolution de méconate mêlée à celle de muriate de fer produit une couleur rouge de sang des plus intenses. L'oxalate de potasse, l'ammoniaque, la potasse, la dissolution de platine n'y forment aucun précipité; enfin une certaine quantité de sel calciné dans un creuset a donné une solution très-alcaline. D'après ces divers résultats, on ne peut douter que le sel dont il est question ne soit du méconate acide de soude, et qu'il n'entre aucune partie de morphine dans sa composition.

Sel de morphine. Ce sel cristallise avec facilité; il forme des aiguilles soyeuses qui, se réunissant toutes à un centre commun, donnent naissance à des mamelons qui ont la plus grande ressemblance avec certaines fleurs flosculeuses, telles que celles de l'artichaut et du chardon; ces cristaux sont blancs et extrêmement amers; ils ne fondent point à la température de l'eau bouillante. L'eau, et surtout l'alcool, le dissolvent avec facilité; l'eau le laisse cristalliser par le refroidissement; avec l'alcool on n'obtient des cristaux que par évaporation spontanée. L'éther est sans action sur lui; la chaleur le décompose, et s'il a le contact de l'air, il brûle sans résidu; les vapeurs qui se dégagent sont ammoniacales.

L'acide nitrique concentré dissout le sel de morphine en prenant une couleur rouge. L'acide hydrochlorique

le dissout aussi ; mais presque aussitôt le mélange se prend en une masse soyeuse d'hydrochlorate de morphine. L'acide sulfurique ne présente rien de remarquable. Les alcalis en séparent la morphine ; le sous-acétate de plomb produit dans la dissolution de ce sel un précipité blanc très-abondant. Le chlorure de platine donne un dépôt semblable.

Le proto-sulfate de fer n'a offert aucun phénomène remarquable ; mais le perchlorure a produit une couleur bleue très-intense, tout-à-fait semblable à celle qu'on aurait obtenue avec un hydrocyanate. Cette propriété curieuse de produire du bleu appartient à la morphine isolée ; elle n'est due ni à la présence de l'acide hydrocyanique, ni à celle de l'acide gallique.

La couleur bleue disparaît à l'instant par l'addition d'une très-petite quantité d'un acide quelconque, même de vinaigre distillé étendu de beaucoup d'eau.

L'alcool et l'éther acétique non acide jouissent de la même propriété. L'éther sulfurique ne détruit pas la couleur, à moins qu'il ne contienne de l'alcool. La présence des alcalis ne s'oppose pas à la production de la couleur ; elle semble, au contraire, la favoriser.

La quinine, la cinchonine, la strychnine et la brucine ne présentent rien de semblable avec le perchlorure de fer. Ces alcalis ont, comme la morphine, la propriété de décomposer la dissolution de platine.

Pour obtenir l'acide du sel de morphine, on verse du sous-acétate de plomb dans une dissolution de ce sel ; il se forme un précipité qu'on décompose par l'acide hydrosulfurique, et on obtient un liquide très-acide qui donne, par l'évaporation, des cristaux blancs. M. Ro-

biquet avait reconnu cet acide dans l'opium, mais sans l'avoir obtenu à l'état de pureté. Il doit être l'objet d'un Mémoire particulier. M. Pelletier a proposé de l'appeler *acide codéique*, de *codè*, tête de pavot. La morphine avait reçu de M. Chaussier le nom de *narcéine*, que M. Robiquet préfère; et comme ces dénominations pourraient donner lieu à quelque confusion en pharmacie, M. Robinet assure qu'on sera sûr d'être compris quand on écrira *sel sédatif de Robinet*.

Lettre *de M.* Marcel de Serres *à M.* Gay-Lussac *sur les Cavernes à ossemens.*

Montpellier, 4 octobre 1825.

Dans la Notice que j'ai adressée à l'Académie royale des Sciences sur les cavernes à ossemens de Lunel-Vieil, je n'ai proposé aucune hypothèse pour expliquer la réunion vraiment extraordinaire des animaux qui s'y trouvent entassés. Sans prétendre donner la solution de cet étrange rassemblement, je vous signalerai quelques faits qui pourront éclaircir les doutes que l'on peut se former à cet égard.

La manière dont ces ossemens s'y trouvent annonce, ce me semble, qu'ils y sont arrivés séparés des animaux auxquels ils avaient appartenu, et réduits à l'état d'ossemens isolés. Aussi les y voit-on dispersés sur la plus grande partie du sol de la caverne, mélangés sans aucune espèce d'ordre, montrant parfois des indices d'un transport plus ou moins violent, et usés comme s'ils avaient été roulés; jamais réunis par familles, ni

rapprochés en raison des habitudes des animaux qu'ils rappellent ; les carnassiers n'y sont pas plus nombreux que les herbivores, ni diversement situés. Les os des derniers ne montrent aucun indice qui puisse faire supposer qu'ils y ont été entraînés par les premiers qui en auraient fait leur pâture. Ils ne présentent pas non plus, comme les os des herbivores découverts par M. Buckland en Angleterre, les marques des dents des carnassiers, ni rien qui indique qu'ils ont été rongés.

D'ailleurs, comment les animaux que nous avons déjà signalés auraient-ils pu pénétrer vivans et entiers dans la caverne de Lunel-Vieil, puisque l'on n'y connaît aucune issue naturelle assez large pour que des *lions*, des *tigres*, des *hyènes*, et autres grands carnassiers qui s'y trouvent, aient pu y entraîner des *bœufs*, des *chameaux*, des *cerfs* ; et enfin tous les grands herbivores que nous y avons signalés, pour les dévorer à leur aise ? La difficulté serait toujours la même en supposant qu'ils y fussent venus naturellement. D'ailleurs, si les herbivores avaient servi de pâture aux carnassiers, les uns et les autres n'y seraient pas entassés sans ordre, ni dispersés pêle-mêle ; on les verrait, au contraire, réunis par familles et disposés par lits successifs. Les ossemens des carnassiers seraient plus entiers que ceux des herbivores ; et par la position diverse des uns et des autres dans le limon, on reconnaîtrait que les premiers y sont morts naturellement, et que les seconds y ont été entraînés pour être dévorés. Mais comme ils sont tous dans la même position, il est naturel d'en conclure qu'ils y ont été entraînés par une même cause.

Cette cause paraît avoir été générale dans nos con-

trées méridionales, et avoir agi sur une multitude de points, en entraînant, soit dans des fentes, soit dans des cavités, une quantité plus ou moins considérable d'ossemens de quadrupèdes carnassiers et herbivores avec un petit nombre d'*oiseaux*; car il existe de ces derniers parmi les fossiles de la caverne de Lunel-Vieil. C'est ce que nous espérons démontrer dans un Mémoire que nous enverrons incessamment à l'Académie, sur la relation qui existe entre les brèches osseuses du midi de la France, et particulièrement entre celles de *Vendargues*, de *Sète*, de Villefranche-Lauragais (Haute-Garonne) et Perpignan (Pyrénées orientales), et les cavernes à ossemens de Lunel-Vieil. Cette cause a été probablement un cours d'eau, à en juger du moins par la nature du limon qui renferme les os, les cailloux roulés qui y sont mélangés, les sables et les graviers qui encombrent la partie sud de la caverne, et enfin l'aspect évidemment roulé de certains ossemens. On arrive encore à la même conséquence par l'aspect de la caverne elle-même. En effet, sa partie inférieure, surtout vers le sud, montre un assez grand nombre de sillons longitudinaux légèrement flexueux, comme produits par le ballottement des eaux, tandis que les points saillans arrondis présentent un poli plus ou moins parfait, dû quelquefois à un léger glacis calcaire.

La partie supérieure de ces cavernes, leur plafond, était recouvert, au moment où l'on y a pénétré la première fois, d'un léger enduit calcaréo-argileux, extrêmement doux au toucher, et qui, en se desséchant par portion, avait fini par former des espèces de cercles dont le centre laissait le rocher à nu. Cet enduit ou efflorescence légère,

d'une couleur légèrement verdâtre, et qu'au premier aspect un botaniste aurait pu prendre pour un cryptogame, semblait comme une forte crasse ou un dépôt des mêmes eaux, qui avaient laissé des galets, des sables et des graviers, principalement aux deux extrémités, c'est-à-dire, au sud et au nord, points où la caverne se rétrécit insensiblement et finit enfin par s'oblitérer.

Il est difficile de supposer que tous ces effets soient dus aux causes actuelles, quelque peu d'épaisseur qu'ait le rocher qui forme le plafond de nos cavernes, rocher qui, dans de certaines parties, est traversé par l'extrémité des racines des arbres, puisque le travail de ces eaux est si peu considérable, qu'il est bien rare d'y rencontrer un fragment osseux incrusté de stalagmites calcaires. En effet, dans le grand nombre d'ossemens ou de fragmens que j'ai eu l'occasion d'y observer, à peine puis-je en citer deux ou trois d'incrustés; et encore, sur ces trois, un a été recueilli par M. de Christol. Les stalagmites ne sont point spathiques; elles sont blanchâtres, concrétionnées, sans jamais occuper la surface entière d'un os quelconque. Il y a plus encore, elles n'incrustent que des os brisés, en sorte qu'il paraîtrait qu'elles se sont déposées sur des os postérieurement à leur rupture et à leur transport. Ces os incrustés n'ont été trouvés jusqu'à présent qu'à la surface du limon, qui est souvent tellement rempli de fragmens osseux, qu'il ressemble alors d'une manière frappante aux brèches osseuses molles à ciment rougeâtre de Sète et de Vendargues.

L'on peut se demander si le peu d'épaisseur du plafond de la plus grande de nos cavernes a été la cause des éboulemens des roches calcaires qui encombrent sa

partie sud : c'est ce qu'il est difficile de décider. Mais ce qui est certain, c'est que ces éboulemens sont postérieurs au dépôt du limon à ossemens, puisqu'ils le recouvrent d'une manière constante.

Il semble donc, d'après ces faits, que les débris des animaux entassés pêle-mêle dans les cavernes de Lunel-Vieil y ont été entraînés par les eaux, déjà réduits avant leur transport à l'état d'ossemens isolés. Cependant il est un fait qui, au premier aperçu, paraît contraire à cette conclusion : c'est la présence des débris d'insectes que j'ai observée sur le sol de la grande caverne, débris dont je ne savais pas trop démêler l'origine avant que M. de Christol y eût découvert un excrément qui en était en grande partie composé, ainsi que de vertèbres de poissons de petite taille. Autant que l'on peut en juger, ces débris d'insectes ont appartenu soit à des carnassiers, soit à des herbivores, et probablement à des *carabes*, des *géotrupes*, des *chrysomèles*, des *trichies*, et peut-être des *cétoines*. Tous ces insectes conservent leur couleur et leur nature, et s'ils ont été dévorés par les animaux qui gissent dans la grande caverne, il faut nécessairement qu'ils soient de la même date que les premiers. Nous aurions donc là un exemple d'*insectes fossiles* conservant encore leur propre substance, comme ceux qui sont encroûtés par le succin.

Quant à l'excrément observé au milieu du limon, sa longueur était de 4 centimètres, et sa plus grande épaisseur de 17 millimètres. Il était arrondi, cylindrique et aminci aux deux extrémités; quoique composé de parties solides de l'enveloppe coriacée de coléoptères, de vertèbres de poissons de petite taille et enve-

loppé par une pâte d'un blanc jaunâtre, il avait assez de légèreté. La présence de cet excrément peut-elle faire présumer que les animaux des cavernes de Lunel-Vieil ont vécu près des lieux où on les trouve? cette conclusion serait sans doute peu fondée, puisqu'il ne se rapporte point aux quadrupèdes que l'on y observe, mais probablement à quelque reptile que nous n'avons pas eu encore l'occasion d'y rencontrer. C'est donc à cette recherche que nous allons nous livrer, et avec d'autant plus d'ardeur que nous ne pouvons regarder l'excrément comme d'une date différente des autres objets enfouis dans nos cavernes; M. de Christol l'ayant trouvé dans la partie du limon rempli d'ossemens, et enfin parce qu'il existe également des reptiles dans les brèches osseuses de Sète.

SUR *l'Huile séparée par la rectification de l'alcool de pomme de terre.*

PAR Mr G. PELLETAN.

MM. BERTILLON et GUIÉTAND, fabricans d'esprits rectifiés, ont obtenu des derniers produits de la distillation à feu nu de la fécule de pomme terre fermentée, une huile particulière, qu'ils croient tout-à-fait semblable à celle que fournit la rectification de l'alcool de grain. M. Pelletan a soumis cette huile à un examen particulier; il l'a purifiée par de nombreux lavages à l'eau et une distillation sur le chlorure de calcium en poudre, et lui a reconnu les propriétés suivantes:

Elle est blanche, limpide, très-fluide, d'une odeur pénétrante sans être fétide, d'une saveur chaude, âcre

et persistante, ne tachant pas le papier; sa densité a 16°=0,821; elle est très-fluide à — 18°; mais à un ou deux degrés plus bas, elle prend l'aspect de l'huile d'anis congelée; elle bout à 125°. L'huile non purifiée bout beaucoup plus tôt à cause de l'alcool et de l'eau qu'elle contient; mais à mesure qu'elle est privée de ces deux corps, la température s'élève et se fixe enfin à 125°.

L'huile de pomme de terre brûle sans fumée; elle prend feu à l'approche d'un corps enflammé, et s'éteint bientôt après; elle ne brûle d'une manière continue que lorsqu'elle est un peu échauffée. L'eau en dissout une assez grande quantité pour que sa densité soit diminuée de 0,0102; elle en prend l'odeur et mousse par l'agitation. L'huile dissout aussi de l'eau; quand elle en est saturée, sa densité est augmentée de 0,0229. Elle est soluble dans l'alcool en toute proportion; l'eau ne sépare l'huile que lorsque cette dernière est en grande quantité relativement à l'alcool, et même lorsqu'on ajoute peu d'eau, l'huile séparée se dissout de nouveau par l'agitation.

Les graisses, les huiles fixes et volatiles, le camphre, les résines et l'iode sont solubles dans l'huile de pomme de terre. Le soufre et le caoutchouc s'y dissolvent à chaud en petite quantité; mais ils s'en précipitent par le refroidissement.

L'acide sulfurique concentré se mêle très-bien avec l'huile de pomme de terre, et se colore en cramoisi plus ou moins foncé. L'eau détruit le mélange et l'huile surnage, légèrement colorée en jaune sale. A chaud, l'huile est attaquée; on obtient un liquide chargé d'acide sulfureux, dont l'odeur est alliacée et des plus désagréables,

En saturant l'acide sulfureux avec la potasse et en distillant, le liquide est moins odorant et a une densité de 0,797; mais en le laissant sous le récipient de la machine pneumatique, elle est ramenée à 0,821. On peut penser, par analogie avec le mode d'action des autres acides, qu'il s'était formé un peu d'éther.

L'huile de pomme de terre est insoluble dans l'acide nitrique; par la chaleur, on obtient de l'éther nitrique. Elle absorbe à froid le gaz hydrochlorique et noircit. Ce mélange, agité avec de l'eau, laisse dégager une vapeur qui présente les caractères de l'éther hydrochlorique. Le chlore la verdit, et au bout de quelques jours, il donne un résultat semblable à celui obtenu par l'acide hydrochlorique. L'acide acétique concentré se mêle avec elle en toute proportion; l'acétate de potasse s'y dissout aussi très-bien.

La potasse, la soude et l'ammoniaque se dissolvent en grande quantité dans l'huile de pomme de terre, mais sans la saponifier; l'eau suffit pour détruire cette combinaison. Le potassium la décompose avec rapidité à une température ordinaire; elle enlève à l'eau le chlorure d'or et le conserve sans altération.

Les faits qui viennent d'être présentés tendent à faire penser que l'huile contiendrait encore une certaine quantité d'alcool qui aurait échappé au lavage par l'eau. Si, par suite, une plus grande dépuration est admise comme impossible, on pourra regarder cette huile comme tenant le milieu entre l'alcool et les huiles volatiles ordinaires, et comme n'étant qu'une modification particulière de l'alcool, qui conserve la propriété de former des éthers par l'action des acides.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Octobre* 1825.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	755,73	+17,6	96	755,80	+19,0	90	755,38	+19,1	87	754,42	+16,6	93	+20,0	+14,5	Couvert.	S.
2	753,12	+15,5	96	752,82	+17,2	96	752,34	+19,2	91	752,15	+15,5	98	+19,3	+14,8	Couvert.	S. E.
3	751,24	+14,5	98	751,12	+16,7	97	750,82	+18,0	95	752,07	+15,9	97	+18,0	+13,7	Couvert.	S. E.
4	756,65	+15,5	97	757,53	+19,0	96	757,74	+18,8	82	760,00	+13,0	98	+19,0	+13,0	Couvert, brouillard.	S.
5	763,04	+14,4	97	763,02	+17,6	94	762,95	+18,0	91	762,72	+12,5	97	+18,6	+ 9,0	Couv., léger brouil.	S.
6	761,70	+15,0	96	760,73	+19,2	90	759,24	+20,5	83	756,09	+17,1	94	+20,5	+11,2	Nuageux.	S. S. E.
7	756,78	+17,0	93	757,37	+20,0	78	758,58	+19,7	73	761,85	+11,2	96	+20,0	+11,2	Nuageux.	S. O.
8	761,84	+14,8	93	760,76	+18,4	88	758,86	+18,6	74	756,77	+14,6	94	+18,6	+10,0	Nuageux.	S. O.
9	758,02	+15,8	95	759,27	+19,1	85	760,14	+18,4	76	762,80	+11,8	94	+19,1	+11,	Nuageux.	O. N. O.
10	767,06	+13,6	96	767,01	+17,4	89	766,80	+18,1	83	767,40	+15,2	94	+18,1	+ 9,8	Nuageux.	S. S. O.
11	768,46	+15,2	94	767,76	+18,1	83	767,35	+18,8	77	765,40	+14,0	95	+18,7	+12,8	Nuageux.	S. E.
12	763,08	+13,9	96	762,25	+18,8	88	761,58	+19,5	62	761,80	+13,5	95	+19,6	+ 8,0	Beau.	S.
13	763,20	+15,0	95	762,90	+19,9	85	763,00	+21,4	85	753,30	+15,7	95	+22,0	+ 9,2	Nuageux.	S.
14	763,52	+13,1	97	763,18	+18,2	91	762,40	+20,8	75	763,27	+16,3	96	+20,8	+11,5	Beau, brouil. léger.	S.
15	767,43	+14,7	97	768,35	+16,4	77	768,45	+16,5	85	770,16	+11,0	78	+16,5	+11,0	Nuageux.	N.
16	770,20	+10,0	89	769,22	+14,5	73	768,43	+15,4	61	767,66	+ 8,1	94	+15,4	+ 6,3	Beau.	N.
17	766,02	+ 7,1	96	764,94	+12,1	86	763,20	+14,7	76	761,82	+ 9,5	88	+14,7	+ 3,2	Beau.	N. O.
18	764,26	+10,8	85	762,64	+13,5	89	760,00	+13,0	86	752,90	+10,0	98	+13,5	+ 6,5	Couvert.	O.
19	745,36	+13,9	95	743,36	+12,2	98	740,53	+12,2	97	733,57	+13,5	98	+14,3	+12,3	Pluie.	O.
20	729,53	+ 6,5	93	730,78	+ 9,2	90	734,87	+ 8,1	86	739,23	+ 3,8	93	+ 9,3	+ 3,8	Pluie fine.	O.
21	743,03	+ 5,5	91	743,46	+ 5,9	94	743,78	+ 4,4	98	745,88	+ 5,8	97	+ 6,9	+ 1,5	Pluie.	O.
22	751,90	+ 8,0	97	753,23	+10,8	90	751,56	+ 9,2	94	755,94	+ 7,7	98	+10,7	+ 6,7	Quelques éclaircies.	N. N. O.
23	758,55	+ 6,5	92	758,47	+ 8,3	88	758,47	+ 9,9	80	759,47	+ 7,5	95	+10,3	+ 6,1	Nuageux.	N.
24	759,72	+ 7,3	98	759,10	+10,4	96	757,88	+10,0	97	756,64	+ 9,7	98	+10,4	+ 5,7	Couvert, brouillard.	S. O.
25	757,00	+ 9,5	97	756,70	+11,8	81	756,16	+ 9,7	86	756,54	+ 5,0	93	+11,8	+ 5,0	Très-nuageux.	O.
26	759,96	+ 4,8	97	760,05	+ 8,5	75	759,02	+ 8,2	65	758,23	+ 5,8	90	+ 8,8	+ 2,8	Nuageux.	N. O.
27	757,72	+ 7,7	98	758,22	+10,6	93	758,12	+10,0	98	759,94	+ 7,5	98	+10,2	+ 5,7	Couvert, brouillard.	N. O.
28	760,04	+ 8,3	97	759,82	+11,3	94	759,11	+10,6	97	759,40	+12,0	98	+12,0	+ 6,1	Couvert, brouillard.	S. O.
29	761,57	+13,2	97	761,70	+15,5	90	761,08	+15,0	91	760,52	+12,0	97	+15,5	+12,0	Couvert.	O.
30	762,70	+10,6	97	762,22	+13,4	80	761,34	+14,2	75	760,38	+12,7	90	+14,3	+ 8,4	Nuageux.	S. O.
31	759,00	+12,4	96	759,22	+13,4	74	759,32	+13,4	75	760,04	+10,6	90	+13,4	+10,6	Nuageux.	O.
1	758,52	+15,4	96	758,55	+18,4	90	758,28	+18,8	83	758,63	+14,3	95	+19,1	+11,9	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	760,11	+12,0	94	759,54	+15,3	86	758,98	+16,0	79	756,91	+11,5	93	+16,5	+ 8,5	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 4,975
3	757,13	+ 8,5	96	757,56	+10,8	87	757,17	+10,4	86	757,54	+ 8,8	95	+11,3	+ 6,4	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 4,449
	758,63	+11,9	95	758,52	+14,7	88	758,11	+14,9	83	757,69	+11,4	94	+15,5	+ 8,8	Moyennes du mois, +12°,2.	

SUITE

Du Mémoire sur les Roues verticales à palettes courbes mues par-dessous, suivi d'expériences sur les effets mécaniques de ces roues.

Par Mr J.-V. Poncelet, Capitaine du Génie.

TROISIÈME PARTIE.

Expériences sur les lois de l'écoulement de l'eau dans l'appareil mis en usage.

33. Avant de rapporter les résultats de ces expériences, il est bon de prévenir qu'elles n'ont point été faites dans le même temps ni dans le même local que les précédentes; des circonstances indépendantes de ma volonté, et qu'on a déjà fait connaître au commencement de la deuxième partie, ont forcé de reporter l'appareil sur un autre cours d'eau; on doit donc, d'après ce qui vient d'être remarqué pour les précédentes expériences, s'attendre à trouver quelques différences entre les nouveaux et les anciens résultats concernant les dépenses; mais comme on a mis le plus grand soin à replacer les choses dans leur état primitif, que d'ailleurs la disposition du réservoir, du vannage et du coursier intérieur ou extérieur n'a pas été changée, on est encore en droit d'attribuer une grande partie de ces différences aux erreurs commises dans l'évaluation de l'ouverture du pertuis, et de regarder ainsi les circonstances et les lois de l'écoulement de l'eau comme exactement semblables sous tous les autres rapports, c'est-à-dire en

d'autres termes, que nous regarderons comme les mêmes pour tous les cas, les vitesses de l'eau qui appartiennent à une même chute et à une même hauteur de vanne.

Au surplus, lorsqu'on en viendra, par la suite, à tirer de ces expériences la mesure des quantités d'action de l'eau, on aura soin de discuter les différentes causes qui peuvent infirmer ou confirmer les conséquences qu'on se propose d'en déduire, et qui font véritablement l'objet de ce Mémoire.

34. Nous avons déjà indiqué précédemment comment nous sommes parvenus en général à déterminer, avec une approximation suffisante, la dépense de l'eau pendant une seconde, sous différentes chutes et différentes ouvertures de vanne; il nous reste à expliquer comment nous nous y sommes pris pour obtenir la vitesse à l'endroit de la roue.

Le moyen le plus ordinairement employé consiste, comme on sait, à se servir d'un moulinet très-léger placé sur le courant; mais comme ce moyen n'est pas sans inconvénient dans le cas actuel, et laisse d'ailleurs quelque incertitude sur la mesure de la vitesse moyenne, nous lui avons substitué la méthode des profils, qui est sans contredit préférable, puisque l'on connaît la dépense du courant. Voulant d'ailleurs obtenir la section d'eau avec toute l'exactitude possible, nous avons fait préparer des sortes de *peignes* de la forme exprimée (fig. 8), et qui se composent d'une pièce de bois prismatique *AB*, ayant une longueur suffisante pour pouvoir s'appuyer, par ses extrémités, sur la partie supérieure des joues verticales *ab* et *cd* du canal ou coursier; cette pièce est percée perpendiculairement à deux de

ses faces, de différens trous espacés de 4 à 5 mill., propres à recevoir des tiges droites, en fil de fer, dont les extrémités inférieures, terminées en pointe, sont destinées à être mises, aussi exactement que possible, en contact avec la surface de l'eau sans y pénétrer; ce qu'on obtient aisément par l'habitude, et lorsque le courant n'éprouve pas de fluctuation sensible.

35. Il est évident qu'à l'aide de ce procédé on peut obtenir très-exactement, soit le profil de la nappe supérieure de l'eau, soit celui du fond du coursier, qu'il est facile ensuite de transporter sur une planchette ou ardoise, en appliquant contre l'une de ses arêtes, préalablement bien dressée, la face inférieure de la traverse *AB* de l'instrument. En supposant d'ailleurs que l'on ait tracé à l'avance sur la planchette les perpendiculaires *ab* et *cd*, qui représentent les joues du coursier, de façon à pouvoir faire correspondre exactement l'un au-dessus de l'autre le profil supérieur de l'eau *efg* et celui *bc* du fond du coursier, on n'aura plus qu'à calculer l'aire comprise entre ces profils et les droites *ab* et *cd*, au moyen de parallèles équidistantes; ce qui n'exige, comme on sait, qu'une addition et une multiplication à faire.

36. Le quotient de la dépense du courant par l'aire ainsi trouvée donne la vitesse moyenne de l'eau d'une manière absolue et suffisamment approchée; car on ne peut se tromper au plus que d'un quart de millimètre sur la hauteur de chaque ordonnée du profil, lorsqu'on a acquis l'habitude de ces sortes d'opérations, et l'erreur moyenne doit être moindre encore. Si donc l'épaisseur de la lame d'eau introduite dans le coursier était d'en-

viron 1 ou 2 ou 3 centimètres, la totalité de l'erreur commise sur la mesure de l'aire de la section serait moindre que le 40e, le 80e ou le 120e de cette aire, et l'on remarquera que cette erreur sera nécessairement en moins, et tendra par conséquent à augmenter l'estimation des vitesses moyennes de l'eau à l'endroit du profil; car les extrémités des tiges étant nécessairement en contact avec l'eau, les ordonnées de la section sont plutôt faibles que fortes.

Il convient au surplus de ne prendre les profils qu'au moment où l'écoulement de l'eau est devenu bien uniforme, et présente une nappe pour ainsi dire immobile, sans stries et sans fluctuation; ce qu'on obtient toujours lorsque la hauteur de l'eau dans le réservoir est bien réglée, et qu'il n'y a aucun obstacle qui s'oppose à son mouvement au sortir du pertuis ou dans le coursier. On évitera en outre une grande partie des tâtonnemens nécessaires pour amener les pointes des tiges en contact avec la nappe d'eau, si, au lieu de faire traverser simplement la pièce *AB* par ces tiges en les y maintenant à l'aide du frottement, on règle leur enfoncement par une portion de filets de vis placée sur chacune d'elles, dans la partie qui répond à cette pièce.

37. Pour ne rien négliger d'essentiel, nous devons rappeler que les joues du coursier qui a servi à nos expériences portent des renfoncemens circulaires *REC* (fig. 2 et 3), destinés à recevoir les anneaux de la roue, qui ainsi forment les prolongemens de la partie antérieure de ces joues. Avant donc de commencer aucune expérience sur l'écoulement, nous avons jugé à propos de faire garnir ces renfoncemens par de petites plan-

chettes affleurant exactement les parois du coursier, et cela afin de placer les choses à-peu-près dans le même état que lorsqu'on opère avec la roue, et d'éviter surtout une trop grande déformation dans le profil de la lame d'eau. L'ouverture de la vanne et la hauteur de l'eau dans le réservoir étant alors réglées convenablement, nous avons pu prendre avec quelqu'exactitude le profil sous l'axe de la roue, en CC' (fig. 2 et 3), c'est-à-dire, à 11 cent. environ de la vanne, et en déduire la vitesse de l'eau au même endroit ; une opération semblable, répétée près la *section contractée*, c'est-à-dire, à une distance de l'arête supérieure du pertuis égale à-peu-près à sa demi-hauteur, nous permettait de déduire la plus grande vitesse de l'eau au sortir de ce pertuis ; le rapport entre ces deux vitesses était d'ailleurs assigné immédiatement par le rapport inverse des profils correspondans.

Quoique le calcul de ce rapport et de la vitesse au sortir de la vanne ne soit pas indispensable à notre objet, nous avons cru devoir en consigner les résultats dans le tableau ci-après, parce qu'ils peuvent donner lieu à des observations utiles. Par la même raison, nous avons aussi comparé la vitesse de l'eau à l'endroit de la vanne à la vitesse moyenne assignée par les formules connues, laquelle est due à peu de chose près, comme on sait, à la hauteur du niveau au-dessus du centre de l'ouverture. Enfin, pour ne négliger absolument rien de ce qui peut être susceptible de quelqu'intérêt, nous avons calculé les dépenses théoriques de l'eau, et leurs rapports aux dépenses effectives données par l'expérience.

I[er] TABLEAU *contenant les résultats d'expériences faites sur l'écoulement de l'eau, pour différentes chutes et une ouverture de vanne de* 1[cent.] (1).

NUMÉROS des expériences.	HAUTEUR de l'eau au-dessus du seuil de la vanne.	DÉPENSE effective de l'eau en litres.	DÉPENSE. d'après la théorie.	RAPPORT des dépenses ou des vitesses effectives et théoriques à la vanne.	VITESSE de l'eau à la vanne d'après la théorie.	RAPPORTS des vitesses effectives à la section contractée aux vitesses théoriques.	RAPPORTS des vitesses effectives sous la roue et à la section contractée.	RAPPORTS des vitesses sous la roue aux vitesses théoriques.
	m.	lit.	lit.		m.			
1	0,277	1,426	1,756	0,812	2,310	1,002	0,853	0,855
2	0,249	1,343	1,663	0,808	2,188	0,997	0,855	0,852
3	0,227	1,269	1,586	0,800	2,087	0,988		
4	0,197	1,191	1,475	0,807	1,941	0,996		
5	0,182	1,144	1,416	0,808	1,863	0,988		
6	0,170	1,105	1,367	0,808	1,799	0,998	0,858	0,856
7	0,147	1,014	1,268	0,800	1,669	0,987		
8	0,132	0,949	1,199	0,792	1,578	0,997		
9	0,119	0,900	1,131	0,796	1,488	0,982	0,871	0,855
10	0,102	0,825	1,039	0,794	1,367	0,980		
11	0,090	0,773	0,981	0,788	1,291	0,972		
12	0,082	0,727	0,934	0,779	1,229	0,961	0,885	0,851

(1) On remarquera sans peine que les nombres de la septième colonne du tableau sont les produits de ceux de la cinquième par le nombre constant 1,2346, qui représente (42) le rapport $\frac{100}{81}$ de l'aire de la vanne à l'aire de la section contractée ; comme aussi les nombres de la neuvième colonne sont les produits des nombres correspondans des colonnes sept et huit.

OBSERVATIONS.

38. L'inspection de la cinquième colonne de ce tableau semble indiquer que le rapport de la dépense effective à la dépense théorique, ou, ce qui est la même chose, le rapport de la vitesse effective à la vitesse théorique à la vanne, diminue avec la hauteur de l'eau dans le réservoir; et comme le profil près de la section contractée n'a pas varié d'une manière appréciable dans tout le cours des expériences, on en doit conclure encore que les vitesses effectives de l'eau à la section contractée, différaient d'autant plus des vitesses théoriques, que la chute était moindre; c'est ce qui est indiqué assez clairement dans la septième colonne, qui contient les rapports de ces vitesses.

On voit d'ailleurs que la diminution de vitesse ne devient bien appréciable que pour les très-petites chutes, ce qui tient sans doute à ce que la section de l'eau à l'entrée du canal intérieur *fgh*, *g'h'* (fig. 1 et 2), dont il a été question art. 17, devenait alors très-comparable à l'aire du pertuis. On remarquera en effet que le rapport des vitesses et le rapport de la dépense effective à la dépense théorique ne diminuent d'une manière bien sensible qu'à partir de la hauteur de chute 17. 1 or, cette hauteur ne s'écarte guère de celle *fg* qu'avaient les taquets qui formaient le canal intérieur : la même observation s'applique d'ailleurs aux résultats d'expériences faites sur les ouvertures de vanne de 2 et de 3 cent., qui seront rapportés plus loin.

39. D'après les nombres de la huitième colonne, on peut conclure aussi que l'eau éprouve une grande perte de

vitesse de la part du coursier extérieur, et que la pente d'un dixième qu'on lui a donnée, d'après les indications de divers auteurs, est bien loin de suffire pour compenser cette perte dans le cas actuel d'une lame d'eau de 1c; toutefois la résistance semble décroître avec la vitesse, conformément à ce que l'on connaît déjà.

40. Nous venons de dire que la section de la veine contractée n'avait pas sensiblement varié dans tout le cours des expériences; nous nous en sommes assurés d'une manière positive en plaçant l'un des instrumens décrits ci-dessus (34) à l'endroit de cette section, et l'y laissant à demeure, tandis que l'on faisait varier la hauteur de l'eau dans le réservoir entre les limites des diverses expériences: les pointes des tiges ayant été mises aussi exactement que possible en contact avec la nappe supérieure de l'eau, dont le profil était une véritable droite horizontale, on observa constamment, soit pour l'ouverture de vanne actuelle, soit pour les diverses autres ouvertures mises en expérience, que les pointes ne cessaient en aucun instant d'effleurer la surface supérieure de l'eau: seulement le contact n'avait pas lieu lorsque la hauteur de l'eau dans le réservoir devenait tellement faible, que l'écoulement cessait de se faire d'une manière régulière, en un mot, pour des hauteurs qui se trouvaient en dehors des limites de nos expériences.

41. Au surplus, l'eau paraissait suivre exactement les parois du coursier auprès de la vanne, et la contraction ne se manifestait que par un léger abaissement de sa nappe supérieure, dont le profil, avons-nous dit, était une véritable ligne droite : le plus grand abaissement avait lieu à une distance d'environ 5 à 6 mill. de

l'arête supérieure du pertuis, c'est-à-dire, égale environ à sa demi-ouverture ; au-delà, le profil de l'eau présentait sur les côtés une légère dépression exprimée en $e' f' g'$ (fig. 8), qui allait en augmentant vers l'extrémité du coursier; l'inflexion croissait d'ailleurs avec l'épaisseur de la lame d'eau, comme on le voit par les lignes $f g h'$, $f'' g'' h''$ de la figure.

Il est évident que ces effets doivent être attribués à ce qu'il existait encore une contraction latérale au sortir de l'eau par le pertuis, mais intérieure et insensible; c'est ce qui nous a été prouvé par la suite, lorsqu'ayant disposé ce pertuis comme l'expriment les fig. 5 et 6, et qu'il a été expliqué au nº. 18, nous avons reconnu par l'expérience que, même pour des épaisseurs d'eau de 3 cent., la dépression latérale n'avait plus lieu, en sorte que le profil de la nappe supérieure présentait partout une véritable ligne droite.

42. L'opération détaillée plus haut (40) nous a conduit à admettre le nombre 0,81 pour le rapport des aires de la section contractée et de l'ouverture de vanne, en attribuant à ces sections la largeur commune de 76 mill., qui est celle même du coursier. Ce nombre est, comme on voit, supérieur à celui qui a été obtenu pour le rapport des dépenses effectives et théoriques ; et on ne peut répondre de son exactitude à un ou deux centièmes près, attendu que ces centièmes répondent ici à des dixièmes de millimètre, degré d'approximation que l'on ne saurait se flatter d'avoir obtenu dans le résultat des mesures.

D'après cela, et en supposant d'ailleurs exactes les dépenses effectives et la largeur de 76 mill. admises pour

la section contractée, on voit que les nombres de la 7e colonne peuvent différer de quelque centièmes de leurs véritables valeurs, et qu'en particulier rien ne prouve, dans le cas actuel, que la vitesse à la section contractée soit réellement égale à celle indiquée par la théorie pour les grandes hauteurs d'eau : ce qu'il y a seulement de certain, c'est que l'erreur, si elle existe, doit les affecter tous proportionnellement. On peut appliquer les mêmes observations aux nombres de la colonne 8 ; quant à ceux de la colonne suivante, les plus intéressans de tous pour l'objet de ce Mémoire, les erreurs doivent être moindres puisqu'elles dépendent de la mesure d'une lame d'eau plus épaisse. Conformément à la remarque déjà faite, n°. 36, nous sommes fondés à croire que cette erreur ne surpasse pas un 40e ou même un 50e, et qu'elle tend nécessairement à augmenter la véritable valeur des nombres de la 9e colonne.

43. Quoi qu'il en soit, ces nombres prouvent que, bien que les vitesses de l'eau à la contraction soient dans un rapport variable avec les vitesses théoriques, d'une part, et avec les vitesses sous la roue, de l'autre ; cependant, par une sorte de compensation, ces dernières sont dans un rapport qu'on peut regarder comme à-peu-près constant avec les vitesses théoriques, c'est-à-dire, avec les vitesses dues théoriquement à la hauteur de l'eau au-dessus de l'orifice ; en effet, les différences des nombres de la 9e colonne ne vont pas au-delà des millièmes.

A la vérité, ces nombres n'ont été calculés que pour cinq termes assez éloignés entre eux ; mais comme les aires des sections de l'eau sous la roue variaient extrêmement peu, et diminuaient cependant d'une manière gra-

duelle et continue d'un terme à l'autre, ainsi qu'il a été aisé de le constater par l'observation du profil, il devenait peu nécessaire de resserrer davantage ces termes pour obtenir avec une précision suffisante la loi qui leur appartenait. En traçant d'ailleurs la courbe qui représente cette loi pour les diverses hauteurs d'eau, nous avons pu intercaler de nouveaux termes entre les premiers, et reconnaître ainsi que les nombres de la 9e colonne demeuraient, pour toute la série des expériences, compris entre 0,848 et 0,858. Ainsi donc on peut, dans le cas actuel, regarder comme constante la perte de vitesse éprouvée par l'eau de la part des diverses résistances et contractions intérieures ou extérieures; le nombre 0,854, moyen entre tous ceux de la colonne 9, pourra d'ailleurs être pris pour celui qui doit multiplier les vitesses dues théoriquement aux diverses hauteurs de l'eau audessus du centre de l'orifice, et son carré 0,729 qui doit être un peu trop fort (42), pour le nombre par lequel il faudra multiplier ces mêmes hauteurs lorsqu'on voudra obtenir les chutes dues aux vitesses effectives de l'eau à l'endroit de la roue.

44. Après ces diverses réflexions, qui étaient nécessaires pour éclaircir l'objet du tableau du n° 37, nous passerons de suite aux expériences qui concernent des ouvertures de vanne de 2 et 3 cent. de hauteur; et afin d'éviter des répétitions inutiles, nous les présenterons réunis, quoiqu'en deux tableaux différens.

OBSERVATIONS.

45. Ces deux tableaux confirment la plupart des observations qui ont été faites sur le précédent ; la 9e colonne du tableau N°. II semble indiquer toutefois que le rapport des vitesses effectives sous la roue aux vitesses théoriques n'est pas constant pour toutes les hauteurs d'eau, et qu'il est un peu plus grand pour les petites ; mais nous ne saurions admettre ce résultat, attendu que les expériences qui concernent ce tableau ont été faites dans des circonstances bien moins favorables que celles des deux autres, vu que le temps était moins calme, et qu'on a été obligé d'interrompre souvent la suite des expériences : les moindres agitations de l'air suffisent, en effet, pour donner, dans l'observation des dépenses d'eau, des différences qui s'élèvent jusqu'au 80 cent., et même jusqu'au 60 cent. de leur valeur totale.

En ne tenant pas compte d'ailleurs des expériences 1, 5, 8, 9 et 11 du tableau, dont les résultats offrent les plus fortes anomalies, on sera suffisamment autorisé à regarder comme constans les nombres de la 9e colonne, puisque leurs différences ne vont pas à un centième ; prenant donc la moyenne entre tous ces nombres, on trouvera qu'elle est égale à 0,9285, dont le carré 0,862 exprime, comme nous l'avons déjà expliqué (43), le rapport moyen de la hauteur due aux vitesses effectives de l'eau à l'endroit de la roue, aux hauteurs correspondantes de l'eau dans le réservoir, prises à partir du centre de l'orifice d'écoulement.

46. En traitant de la même manière les nombres de

la neuvième colonne du troisième tableau, et rejetant ceux qui répondent aux expériences 10, 11, 15 et 16, qui présentent évidemment des anomalies, on trouvera, pour le rapport moyen des vitesses à la roue aux vitesses théoriques correspondantes, 0,9274, et pour celui des hauteurs dues à ces vitesses, 0,860. Ces nombres ne diffèrent, comme on voit, que dans les millièmes de ceux qui précèdent, et l'on en sera étonné au premier aperçu, vu leur grande différence avec les nombres correspondans trouvés pour une ouverture de vanne de 1 cent.

Cependant, si l'on considère, d'une part, que la résistance de l'eau dans le coursier extérieur doit décroître avec la grandeur de la section; et d'une autre, que les pertes de vitesse dues aux résistances et aux contractions dans le canal intérieur (18) doivent augmenter avec l'ouverture de vanne, ou la vitesse qu'acquière l'eau avant d'y parvenir, on concevra sans peine que, dans certains cas, il puisse se faire une sorte de compensation entre ces deux effets, qui s'ajoutent nécessairement dans le résultat final : c'est ce qui, au surplus, est indiqué assez clairement par les colonnes 7 et 8 de nos trois tableaux.

47. Avant d'aller plus loin, nous ferons remarquer que le rapport constant des aires de la section contractée et de l'ouverture de vanne a été trouvé, d'après les résultats moyens de plusieurs expériences, de 0,825 pour le cas du 2e tableau, et de 0,927 pour celui du 3e, nombres que nous regardons comme un peu trop forts (36), quoique ne s'écartant pas, le premier d'un centième et demi, et le second d'un centième de sa valeur véritable. Pareille observation est applicable aux nom-

bres des colonnes 7, 8 et 9 des deux derniers tableaux, et par conséquent à ceux des articles 45 et 46 qui s'en déduisent. Les chiffres de la 8e colonne ont d'ailleurs été obtenus à l'aide de neuf profils établis près la roue pour le cas du 2e tableau, et à l'aide de onze profils pareils pour celui du 3e.

A cet effet, on a d'abord calculé les rapports des aires de ces profils à celui de la section contractée; prenant ensuite ces rapports pour ordonnées et pour abscisses, les hauteurs d'eau correspondantes de la 2e colonne, on a construit une série de points à travers lesquels on a tracé une courbe régulière et continue, s'écartant extrêmement peu de ces points, et représentant ainsi avec une précision suffisante, la loi véritable des rapports déduits de l'expérience. C'est d'après cette loi qu'ont été calculés les nombres de la 8e colonne des tableaux, nombres dont la valeur ne s'écarte pas au-delà de 6 millièmes de ceux de l'expérience, pour les termes qui répondent aux diverses mesures de profils.

48. La même construction nous a de plus fait reconnaître que la courbe obtenue s'écartait extrêmement peu d'une hyperbole équilatère, ayant l'axe des ordonnées pour l'une de ses asymptotes, et une parallèle à l'axe des abscisses pour l'autre asymptote. Par exemple, si l'on retranche le nombre constant 0,91 de tous ceux de la 8e colonne du tableau N° III, et qu'on multiplie les différens restes par les hauteurs d'eau correspondantes données par la 2e colonne, on trouvera que les produits ainsi formés ne diffèrent pas en général d'un vingtième de leur valeur moyenne 0,01341, soit en plus, soit en moins; de sorte que, divisant de nouveau cette valeur

moyenne par les différentes hauteurs de chutes, et ajoutant au quotient le nombre constant 0,91 qu'on avait retranché d'abord, les nombres qui en résulteront ne différeront à leur tour que dans les millièmes de ceux qui leur correspondent respectivement dans la colonne 8 du tableau. La même observation est applicable aux tableaux nos 1 et 2.

Cette circonstance, jointe à ce que le rapport des vitesses sous la roue aux vitesses théoriques, donné par la dernière colonne des tableaux, est constant, permet de représenter par des formules générales les différens résultats de nos expériences. A cet effet, nommons :

a la hauteur de l'orifice ou de l'ouverture de vanne;

b sa largeur, et s son aire;

s' l'aire de la section contractée;

H la hauteur du niveau de l'eau au-dessus du seuil de la vanne;

$h = H - \frac{a}{2}$ la hauteur de ce même niveau sur le centre de l'orifice;

K le rapport des dépenses effective et théorique;

D_e, D_t ces dépenses respectives;

V_t la vitesse de l'eau, due théoriquement à la hauteur h;

V_e la vitesse moyenne effective de l'eau à la section contractée;

V_r la vitesse moyenne effective de l'eau sous la roue;

A le rapport constant de cette dernière vitesse à la vitesse théorique, rapport qui est donné par la 9e colonne;

B la quantité constante retranchée des nombres de la 8[e] colonne, et qui est telle que le produit des restes, par les hauteurs H données par la 2[e] colonne, est lui-même invariable;

C enfin le produit invariable dont il s'agit.

On aura, d'après ce qui précède, en nommant à l'ordinaire g la gravité,

$$\frac{V_r}{V_i}=A;\ \left(\frac{V_r}{V_e}-B\right)H=C;\ D_e=K\,D_i=Ks\,V_i$$

$$D_e=s'\,V_e;\ D_i=s\,V_i;\ V_i=\sqrt{2gh}=\sqrt{2g\left(H-\frac{a}{2}\right)};$$

d'où l'on tire entre autres:

$$\frac{V_e}{V_i}=K\frac{s}{s'}=\frac{AH}{C+BH},\quad K=\frac{s'}{s}\,\frac{AH}{C+BH},$$

$$D_e=s'\frac{AH\sqrt{2g\left(H-\frac{a}{2}\right)}}{C+BH}=s'\frac{A\left(h+\frac{1}{2}a\right)\sqrt{2gh}}{C+B\left(h+\frac{1}{2}a\right)}.$$

Ces formules sont susceptibles de représenter les valeurs des tableaux avec une précision comparable à celles des expériences mêmes, par une détermination convenable des constantes qui y entrent.

Par exemple, dans le cas d'une ouverture de vanne de 0,03 cent., on a (46, 47 et 48)

$$S=0^m,030.0^m,076,\ s'=0^m,0278.0^m,076,\ A=0,927$$
$$B=0,91,\ C=0,01341.$$

Substituant ces valeurs, il viendra

$$K=\frac{0,94398\,H}{0,01474+H},\ D_e=\frac{0,0021523\,H}{0,01474+H}\sqrt{2g(H-0,015)},$$

formules qui redonnent les nombres des colonnes 5 et 3 du 3[e] tableau, à moins d'un centième de leurs valeurs.

49. Ces différentes formules ne sauraient s'appliquer d'ailleurs directement aux cas ordinaires de la pratique, attendu que les constantes qui y entrent sont des fonctions inconnues des diverses données, et que les dispositions particulières admises (18) ne doivent point être employées, puisqu'elles font perdre une portion notable de la vitesse de l'eau au sortir du pertuis. Nous ne les avons présentées que pour faire apprécier le degré de précision apporté dans les expériences, et pour inspirer la confiance nécessaire dans les résultats qu'on se propose d'en déduire; peut-être aussi qu'elles pourront servir par la suite à éclaircir quelque point encore obscur de la théorie des fluides. On ne doit pas oublier que notre objet essentiel est ici de constater la perte de vitesse éprouvée par l'eau de la part des diverses résistances inhérentes à l'appareil mis en usage. Dans la section suivante, nous examinerons quel est le rapport de la quantité d'action transmise réellement à la roue, à celle qui est possédée par l'eau à l'instant où elle commence à agir, et nous discuterons toutes les causes qui ont pu influer sur les résultats, de façon à ce qu'il ne reste aucune incertitude sur le degré d'avantage que peuvent présenter, dans la pratique, les roues dont il s'agit.

QUATRIÈME PARTIE.

Recherche de la quantité d'action transmise, dans les divers cas, par les roues à palettes courbes.

50. Les résultats obtenus dans le précédent paragraphe nous mettant en état de calculer immédiatement

les vitesses que possède l'eau à l'instant où elle agit sur la roue, il serait aisé d'en conclure la portion d'effet transmise par celle-ci en se servant des nombres portés au tableau de l'article 30; mais il sera à propos de discuter auparavant quelques points de difficulté, sur lesquels nous avons déjà eu le soin d'appeler l'attention du lecteur.

En premier lieu, on a remarqué (43 et 46) que les rapports des vitesses effectives de l'eau à l'endroit de la roue, aux vitesses dues théoriquement à la hauteur de l'eau au-dessous du centre de l'orifice, se trouvaient peut-être estimées un peu trop haut d'après la nature des opérations mises en usage : or, il en résulte que les quantités d'action de l'eau qui seront déduites de ces rapports pourront également être un peu plus fortes que les véritables ; l'erreur, si elle existe, sera donc toute entière à l'avantage des conséquences qu'on cherche à établir dans ce Mémoire.

En second lieu, nous avons aussi remarqué (33) que, attendu que les dernières expériences n'ont point été établies dans le même temps ni dans le même local, que celles qui avaient pour objet la mesure de la quantité d'action transmise par la roue, les anciennes et les nouvelles dépenses ne pouvaient concorder exactement entre elles. C'est ce qu'on peut voir en effet par la comparaison des trois derniers tableaux à celui de l'article 30, dans lequel les dépenses sont généralement plus faibles, surtout pour les ouvertures de vanne de 3 cent. Nous croyons avoir établi (31 et suiv.), par l'exemple même des anomalies que présentent le tableau du n° 30, que les différences ne peuvent être attribuées qu'en bien

faible partie aux erreurs commises sur la mesure effective des dépenses et des hauteurs d'eau; mais qu'elles proviennent principalement de ce que l'on n'est pas certain d'avoir obtenu, dans les différens cas, les mêmes ouvertures d'orifice, attendu la difficulté de régler convenablement ces ouvertures, et d'empêcher qu'elles ne varient, après un certain temps, par l'effet de différentes causes.

51. Enfin, nous avons également remarqué, au commencement de la troisième partie, que les circonstances de l'écoulement n'ont pas dû varier d'une manière sensible pour les mêmes hauteurs d'eau et les ouvertures de vanne qu'on a supposées égales; de sorte que les vitesses seraient restées à-peu-près les mêmes dans les deux séries d'expériences, aussi-bien que les pertes qu'elles éprouvent de la part des résistances et des contractions; nous pourrions donc appliquer immédiatement les résultats de la troisième partie de ce Mémoire à la recherche des quantités d'action conservées par l'eau à l'extrémité du coursier; mais comme, tout en admettant l'exactitude de la mesure des dépenses dans les divers cas, on pourrait être tenté de rejeter une partie des anomalies sur l'altération des vitesses à la sortie du pertuis, il convient d'examiner l'influence qui pourrait être due à cette dernière cause, indépendamment des erreurs commises dans l'estimation de la grandeur des orifices.

Or, puisque les expériences qui concernent le tableau de l'article 30 ont donné, pour les mêmes hauteurs d'eau et des orifices supposés égaux, des dépenses en général plus faibles que leurs correspondantes dans les trois derniers tableaux, il faut nécessairement que la vitesse à

l'entrée du coursier ait été aussi sensiblement moindre dans les premières expériences, par suite de résistances intérieures et de contractions plus fortes; mais les huitièmes colonnes de nos trois derniers tableaux, comparées aux troisièmes et sixièmes colonnes, prouvent que si l'on introduit dans le même coursier deux lames d'eau, dont l'une ait une vitesse et une masse sensiblement plus grandes que l'autre, par exemple, de plusieurs centièmes, les vitesses acquises respectivement au bout du coursier conserveront encore entre elles le même ordre de grandeur que les vitesses primitives : donc on est conduit à admettre que la vitesse moyenne de l'eau sous la roue a dû être moindre, toutes choses égales d'ailleurs, pour les premières expériences que pour les dernières; nouvelle conséquence qui est entièrement à l'avantage des propositions que nous cherchons à établir pour notre roue, puisque les dépenses portées au tableau du n° 30 sont d'ailleurs exactes, et que l'évaluation des vitesses sous la roue tend à augmenter les hauteurs de chutes, et par conséquent les quantités d'action de l'eau.

52. Ainsi, sous tous les rapports, nous nous croyons en droit d'établir le tableau suivant des quantités d'action de la roue, comparées à celles que possédait l'eau à l'instant d'agir : c'est ce qui sera d'ailleurs prouvé *à posteriori*, par la régularité qui se trouve observée dans les lois des résultats.

Dans ce nouveau tableau, les nombres de la quatrième colonne ont été déduits de ceux qui leur correspondent dans la troisième, en les multipliant respectivement par les nombres déterminés aux articles 43, 45

et 46 de la troisième partie de ce Mémoire : les vitesses effectives qui se trouvent portées à la colonne suivante s'en déduisent naturellement. Quant à la formation des autres colonnes, elle ne présente aucune difficulté, d'après le tableau déjà dressé au n° 30, des vitesses et des quantités d'action de la roue.

TABLEAU *des Quantités d'action et des vitesses de l'eau et de la roue, pour le cas du* maximum *d'effet.*

NUMÉROS des expériences.	HAUTEUR de l'ouverture de vanne.	HAUTEUR de l'eau au-dessus du seuil de la vanne.	HAUTEUR due à la vitesse effective de l'eau sous la roue.	VITESSE effective de l'eau à son entrée dans la roue.	VITESSE de la circonférence extérieure de la roue.	QUANTITÉ d'action effective de l'eau à son entrée dans la roue.	QUANTITÉ d'action *maximum* fournie par la roue.	RAPPORT entre les vitesses de la roue et celle de l'eau.	RAPPORT entre la quantité d'action de la roue et celle de l'eau.
	m. c.	m.			m.	kilom.	kilom.		
1		0,130	0,091	1,386	0,675	0,0856	0,0553	0,505	0,646
2	0,01	0,180	0,128	1,582	0,919	0,1436	0,0903	0,581	0,629
3		0,234	0,167	1,810	1,082	0,2134	0,1351	0,600	0,633
4		0,100	0,786	1,234	0,632	0,1274	0,0952	0,512	0,747
5		0,130	0,103	1,424	0,715	0,1964	0,1389	0,502	0,707
6	0,02	0,150	0,121	1,539	0,732	0,2394	0,1609	0,476	0,672
7		0,184	0,150	1,715	0,868	0,3516	0,2284	0,506	0,650
8		0,234	0,193	1,947	1,129	0,5109	0,3133	0,580	0,613
9		0,100	0,073	1,204	0,622	0,1756	0,1341	0,513	0,764
10		0,130	0,099	1,393	0,705	0,2824	0,2140	0,506	0,758
11	0,03	0,150	0,116	1,506	0,752	0,3443	0,2559	0,499	0,743
12		0,180	0,142	1,668	0,940	0,4899	0,3599	0,563	0,735
13		0,234	0,188	1,922	1,053	0,7321	0,5282	0,548	0,721

OBSERVATIONS.

53. On voit, par les nombres de la neuvième colonne, que le rapport de la vitesse de la circonférence extérieure de la roue, pour le cas du *maximum* d'effet, à la vitesse effective de l'eau au moment où elle va y entrer, ne s'éloigne guère du nombre 0,50 qui est indiqué par la théorie (4) : seulement il semble généralement être un peu plus fort; mais on doit considérer que ce n'est pas la vitesse de la circonférence extérieure de la roue que l'on aurait dû prendre pour lui comparer la vitesse de l'eau, mais bien celle de la circonférence qui répond au centre d'impression moyenne de cette eau; ce qui eût nécessairement fait diminuer les nombres de la neuvième colonne. Au surplus, la détermination de la vitesse propre au *maximum* d'effet présente en elle-même une assez grande incertitude pour qu'on puisse attribuer les légères différences remarquées dans le tableau aux erreurs mêmes de l'observation. Sous ce point de vue donc, la théorie se trouve confirmée, aussi-bien que les différens résultats d'expériences faites pour mesurer la vitesse des eaux dans le coursier.

54. La dixième colonne du tableau qui renferme le rapport des quantités d'action de la roue et de l'eau, est celle qui présente le plus grand intérêt sous le point de vue de la pratique. On voit en effet que ce rapport n'est jamais au-dessous de 0,6, tandis qu'il s'élève, dans certains cas, au-delà de 0,75 : or, ce rapport, dans les roues à palettes ordinaires, étant, d'après Smeaton, 0,30 moyennement, on voit que notre roue, placée dans les mêmes circonstances, produira en général un résultat

qui sera compris entre deux fois et deux fois et demie celui de ces dernières roues, et qui ne s'éloignera pas beaucoup du résultat donné par les meilleures roues hydrauliques connues. En se rappelant d'ailleurs (13) que la roue offrait un assez grand jeu dans le coursier, et en remarquant que la perte occasionée par ce jeu devient d'autant plus sensible que le volume de l'eau est moindre, on se rendra compte en partie de la diminution que présentent les nombres de la dixième colonne, pour les petites ouvertures de la vanne, quand on les compare à ceux des ouvertures plus grandes, et qui appartiennent aux mêmes chutes; de sorte qu'on sera fondé à croire que, pour une roue mieux construite, les résultats eussent été sensiblement plus forts.

55. Maintenant on remarquera que pour une même ouverture de vanne l'effet produit par la roue à palettes courbes diminue un peu à mesure que la hauteur d'eau dans le réservoir, ou sa vitesse dans le coursier augmente, ce qui tient probablement à ce que la perte de force due à la résistance de l'eau contre les courbes devient elle-même plus considérable; mais comme, d'un autre côté, cette perte doit décroître en même temps que la masse d'eau augmente, on est fondé à admettre qu'en grand les résultats donnés par une roue de la même espèce, bien construite, seront au moins aussi avantageux qu'en petit; en sorte qu'on peut prendre le nombre 0,75 pour représenter le rapport des quantités d'action fournies par la roue et par l'eau, pour les petites chutes et fortes dépenses, par exemple, pour des chutes au-dessous de 2 mètres avec des ouvertures de vanne de 15 à 25 cent. de hauteur; tandis qu'on pourra

supposer ce même rapport seulement égal à 0,65 pour le cas contraire d'une grande chute ou d'une petite ouverture de vanne.

Si d'ailleurs on voulait tenir compte du jeu qui existe dans le coursier, on pourrait, sans s'éloigner beaucoup de la vérité, prendre le nombre 0,80 pour les petites vitesses, et 0,70 pour les grandes.

56. On se rappellera, à ces différens sujets, que, vu la nature particulière de l'appareil que nous avons mis en usage, il nous était impossible de faire des expériences sur des hauteurs d'eau beaucoup plus fortes que celles de 24 centimètres, attendu que (8 et 13) l'eau aurait cessé des-lors de produire sur la roue tout l'effet dont elle est susceptible. Nous ne nous dissimulons pas au surplus que ces différens résultats demandent à être vérifiés par des expériences plus en grand, et c'est ce que nous nous proposons de faire dès que l'occasion favorable s'en sera présentée.

Comme ces résultats sont d'ailleurs uniquement relatifs aux quantités d'action de la roue, comparées à celles absolues de l'eau à l'instant où elle agit sur cette roue, et qu'il arrive souvent dans la pratique qu'on les compare aux quantités d'action dues à la chute totale de l'eau, comprise depuis le niveau du réservoir jusqu'au bas de la roue, il convient que nous examinions les choses sous ce dernier point de vue.

57. Nous avons déjà fait observer (18) que, par une disposition convenable de la vanne et du coursier de notre appareil, on pouvait aisément obtenir que l'eau, en sortant du pertuis, acquît une vitesse égale à celle qui est indiquée par la théorie, et ne donnât lieu à au-

cune contraction sensible sur les côtés et le fond du coursier : il ne reste donc plus qu'à examiner la perte de vitesse qui pourra être occasionée par suite du seul frottement de l'eau contre les parois de ce coursier.

Cette question serait toute résolue si l'on voulait admettre avec Bossut, que l'inclinaison du 10e donnée au coursier est nécessaire pour restituer continuellement à l'eau la perte de vitesse qu'elle éprouve de la part du frottement; mais on ne doit pas oublier que les expériences de Bossut ne concernent que des lames d'eau de 1 et 2 pouces d'épaisseur, sur 5 de largeur, avec des vitesses qui n'ont jamais été moindres que $2^m,50$ et s'élevaient jusqu'à 4 mètres : or, il paraît résulter de beaucoup d'autres expériences, que l'augmentation de la masse de l'eau et la diminution de sa vitesse ont une influence très-grande sur l'affaiblissement de la résistance due au frottement.

58. L'inspection des huitièmes colonnes des tableaux des articles 37 et 44 conduit à une conséquence semblable; car les nombres de ces colonnes montrent clairement que la diminution de la vitesse de l'eau, dans son passage à travers le coursier, est d'autant moindre que sa section est plus grande et sa vitesse plus faible : l'on doit même remarquer que la loi qui existe entre ces nombres assigne, pour chaque ouverture de vanne, une limite inférieure assez grande au décroissement de la vitesse de l'eau dans le coursier, par suite des résistances; car si l'on suppose, par exemple, H ou la hauteur de chute infinie dans la formule de l'art. 48, qui représente ces nombres pour une ouverture de vanne de 3 cent., on trouvera que la limite est 0,91, c'est-à-

dire que la vitesse de l'eau à l'extrémité du coursier employé ne serait jamais moindre que les 0,91 de celle qui a lieu à l'entrée.

59. D'après ces diverses considérations, on est fondé à croire que la pente d'un dixième n'est nécessaire, pour restituer à l'eau la vitesse qu'elle perd par son frottement dans le coursier, que pour les petites sections d'eau et les grandes vitesses; par exemple, pour des sections au-dessous de 8 cent. de profondeur, sur 50 cent. de largeur, et des vitesses qui surpasseraient 4 mètres : dans tout autre cas, cette pente sera nécessairement moindre. L'on voit en effet journellement des conduites servant à amener l'eau au-dessus des roues de moulins dont la pente n'est que d'un 30e pour des lames d'eau de 8 cent. de profondeur, sur 50 de largeur seulement, avec des vitesses de 2 à 4 mètres, et dans lesquelles néanmoins cette vitesse n'éprouve aucune perte sensible, puisque la section reste à-peu-près la même dans toute la longueur du canal : l'essentiel est surtout d'éviter la contraction à l'entrée.

Quant aux ouvertures de vanne ou sections d'eau plus fortes, par exemple, de 15 à 25 cent. de hauteur sur plus de 50 de large, il semblerait résulter de quelques observations particulières que l'on ne risquerait guère de se tromper en adoptant la pente d'un 20e, pourvu que la vitesse ne surpassât pas 6$^{m\cdot}$, ou que la chute fût moindre que 2^m.

60. En adoptant cette donnée, on peut calculer approximativement la quantité d'action qui sera réellement transmise à notre roue dans le cas dont il s'agit. Supposant d'ailleurs que la vanne étant inclinée comme

l'exprime la fig. 1re, et disposée de manière à éviter la contraction (18), la distance du pied de cette vanne au rayon vertical de la roue soit de $1^{m},4$, ce qui n'aura lieu que pour des roues de 5 à $6^{m.}$ de diamètre, la hauteur de pente à donner à cette partie du coursier, pour conserver à l'eau sa vitesse primitive, sera, d'après ce qui précède, de 7 cent. Cela posé, si l'on considère seulement une chute de $1^{m},50$ au-dessus du centre de l'orifice, qui lui-même aurait 20° de hauteur, on trouvera que la chute totale, depuis le niveau du réservoir jusque sous la roue, sera de $1^{m},50 + 0^{m},10 + 0^{m},07 = 1^{m},67$; cette chute se trouvant donc réduite à $1^{m},50$, qui est celle due réellement à la vitesse de l'eau dans le coursier, la quantité d'action dépensée contre la roue ne sera plus que les $\frac{1,50}{1,67} = 0,899$ de celle qui est due à la chute totale $1^{m},67$.

Nous avons vu (55) que la roue pouvait rendre les 0,75 de cette quantité d'action; ainsi la quantité d'action réellement utilisée se trouvera réduite à $0,75 . 0,899 = 0,674$, c'est-à-dire, aux $\frac{2}{3}$ environ de la quantité d'action due à la chute totale de l'eau; proportion qui surpasse probablement celle qui serait fournie par les roues à augets ordinaires, dans le cas particulier dont il s'agit ici, et qui, à plus forte raison, est supérieure à celle des roues dites de *côté*.

61. Si nous supposons maintenant que, toutes les autres données restant d'ailleurs les mêmes, l'ouverture seule de la vanne soit changée et réduite à 10 cent., on trouvera, par des calculs semblables à ceux qui précèdent, et en attribuant au coursier la pente d'un 10e, qui paraît assez nécessaire pour conserver à l'eau sa vitesse,

on trouvera, dis-je, que la quantité d'action conservée à l'eau sera les $\frac{1,50}{1,69} = 0,888$ de la quantité d'action due à la chute totale; la roue n'en transmettant qu'environ 0,65 suivant le n° 55, on voit que la portion réellement utilisée sera les 0,577 de la quantité d'action due à la chute totale.

Les rapports qu'on vient de trouver augmenteraient d'ailleurs un peu avec les hauteurs d'eau dans le réservoir, parce que l'influence de l'ouverture du pertuis serait plus faible : par exemple, pour des chutes de 2m., ils deviendraient respectivement 0,7 et 0,6 environ : néanmoins on doit considérer ces nombres comme des limites qui ne peuvent guère être dépassées, à cause que la résistance éprouvée par l'eau dans le coursier doit augmenter avec la hauteur ou la vitesse.

62. Pour voir à-peu-près ce que ces nombres deviennent pour de petites hauteurs d'eau dans le réservoir, par exemple, pour des hauteurs de 0,80, nous remarquerons qu'il suffira probablement d'incliner au 20e le coursier dans le cas d'une ouverture de vanne de 10c., et au 30e dans celui d'une ouverture de 20c. et plus; de sorte que la hauteur de pente du coursier sera d'environ 7c. pour le premier cas, et 5c. pour le second; on trouvera ainsi, en raisonnant comme précédemment, que les quantités d'action transmises respectivement par la roue seront les 0,566 et les 0,630 des quantités d'action dues à la chute totale, comptée à partir du niveau de l'eau dans le réservoir jusqu'au point le plus bas de la roue.

63. Les résultats qui précèdent ne doivent pas être considérés comme rigoureusement exacts, mais comme

approchant de la vérité, et propres à faire connaître l'influence respective de la hauteur de chute et de l'ouverture de vanne sur les quantités d'action effectivement transmises par la roue : ils montrent en effet qu'il y a généralement un grand avantage à donner au pertuis et au coursier une hauteur un peu forte, surtout pour les chutes au-dessus de $0^{m},80$, et qu'il faut se garder de trop élargir le coursier aux dépens de cette hauteur, comme on le fait souvent pour les roues à palettes ordinaires.

En effet, dans ce dernier cas, la perte d'effet due au jeu de la roue, et celle due à la résistance éprouvée par l'eau de la part du coursier, peuvent être plus que compensées par l'avantage qu'il y a d'augmenter la vitesse de l'eau à sa sortie du réservoir, et à la faire agir sur une petite portion des ailes, de manière à augmenter la pression qu'elle exerce en remontant le long de ces ailes : or, dans le cas des roues à palettes courbes, cette dernière augmentation ne saurait évidemment avoir lieu.

Pour faire sentir toute l'influence du jeu de la roue dans le coursier lorsque la lame d'eau motrice est mince, il suffit de considérer que ce jeu surpasse généralement 3^{c} dans les roues en bois, même bien construites, ce qui occasione une perte d'environ $\frac{1}{3}$ sur la quantité d'action totale de l'eau quand la hauteur de celle-ci dans le coursier est de 10^{c}; elle serait encore d'un 6e pour une hauteur d'eau de 20 cent. : cette remarque est bien propre à faire apprécier l'importance qu'il y a de diminuer le plus possible le jeu dont il s'agit, dans le cas des roues qui prennent l'eau par-dessous, et

à montrer les avantages des roues en fonte bien construites sur les autres.

64. En résumé, on doit être convaincu, d'après tout ce qui précède, que pour les petites chutes, c'est-à-dire, pour les chutes qui ne surpassent guères 2 mètres, la roue à palettes courbes produira des effets qui seront comparables à ceux des meilleures roues connues, et seront supérieurs de beaucoup à ceux des roues à palettes ordinaires, puisqu'elle pourra donner, dans les mêmes circonstances, une quantité de travail qui ne sera jamais inférieur au double de celui de ces dernières. Sa simplicité, jointe à ce qu'elle offre une grande vitesse et peut s'appliquer par-tout, la fera sans doute préférer aux roues de côté dans la plupart des cas, et surtout dans ceux où les chutes seraient au-dessous de $2^{m.}$, puisqu'elle produira alors des effets plus considérables.

Metz, 15 décembre 1821.

Solution d'un Problème relatif au magnétisme terrestre.

Par M. Poisson.

(Lu à l'Académie des Sciences le 28 novembre 1825.)

L'action magnétique de la terre n'a pas la même direction ni la même intensité en tous les points de sa surface. Dans le même lieu, la direction de cette force est soumise à des inégalités diurnes et annuelles, et à d'autres variations plus lentes et d'une étendue plus consi-

dérable. Tous ces changemens de direction, dont les lois et la cause sont encore inconnues, se manifestent par ceux de l'aiguille d'inclinaison ou de la boussole horizontale, qui doivent prendre en chaque lieu et à chaque instant la direction de la force magnétique de la terre ou de sa composante horizontale, quels que soient la nature et le degré d'aimantation de ces aiguilles. L'intensité de cette même force se mesure, comme on sait, par les oscillations d'une aiguille aimantée, de part et d'autre de sa position d'équilibre; mais leur durée dépendant, et de l'action de la terre à l'instant de l'observation, et de l'état magnétique de l'aiguille, il est nécessaire, pour connaître les changemens survenus par la première cause, d'employer toujours la même aiguille, et au même degré de chaleur; car l'expérience a fait voir que le degré d'aimantation d'une aiguille d'acier augmente quand la température diminue, et s'affaiblit quand la température s'élève. Cette nécessité empêche qu'on puisse faire usage de ce moyen pour découvrir les changemens d'intensité qui ne deviendraient sensibles qu'après de très-longs intervalles de temps, et qu'on pourrait appeler pour cette raison des *variations séculaires*. On ne serait pas certain, en effet, de retrouver, après un siècle, la même aiguille que nous aurions employée à l'époque actuelle; et lors même qu'on la retrouverait, on pourrait douter qu'elle eût conservé exactement son degré d'aimantation. La difficulté ne serait pas moins grande si l'on voulait construire une aiguille d'acier, parfaitement identique, pour la matière et la distribution du magnétisme, avec une aiguille dont nous aurions donné la description, l'analyse chimique

et le procédé d'aimantation. Cependant il serait intéressant de laisser à nos successeurs une méthode certaine pour comparer l'état magnétique du globe à celui qui existe de nos jours, et pour reconnaître si l'action de la terre sur la boussole augmente ou diminue avec le temps. Des physiciens ont déjà pensé à ce problème; voici, pour le résoudre, le moyen que je propose, et dont on pourra dès à présent vérifier l'exactitude.

Je suppose qu'on ait une première aiguille d'acier, aimantée à saturation ou autrement, et librement suspendue par son centre de gravité, de sorte que sa longueur prenne la direction du magnétisme terrestre, à l'instant et au lieu de l'observation. On la fera osciller de part et d'autre du méridien magnétique, et l'on comptera le nombre de ses vibrations dans un temps donné, afin de connaître le temps de chaque oscillation. On répétera la même opération avec une seconde aiguille aimantée, suspendue, comme la première, par son centre de gravité. On placera ensuite les centres de gravité de ces deux aiguilles dans une même droite parallèle à l'action magnétique du globe : en vertu de cette force et de leur action mutuelle, les longueurs des deux aiguilles se dirigeront suivant cette parallèle; on fera osciller successivement chacune de ces aiguilles, de part et d'autre du méridien magnétique, sous les actions réunies de la terre et de l'autre aiguille; et l'on observera la durée de chacune de ces nouvelles oscillations. Enfin on mesurera la distance de leurs centres de gravité, et l'on calculera leurs momens d'inertie rapportés à leurs axes respectifs de rotation passant par ces points. De cette manière, on aura les valeurs de sept quantités,

savoir : la distance des deux centres de gravité, les deux momens d'inertie et les durées de quatre oscillations différentes, auxquelles on fera subir, pour plus d'exactitude, la correction relative à leur amplitude, d'après la même règle que dans les expériences ordinaires du pendule : or, il existe une certaine fonction de ces sept quantités, que je désigne par *F* dans mon Mémoire, dont la valeur ne dépend pas des deux aiguilles que l'on aura employées, mais seulement de l'intensité du magnétisme terrestre. On ne peut obtenir qu'une valeur approchée de cette fonction *F*; mais je donne le moyen de la calculer à tel degré d'approximation qu'on voudra, en sorte qu'on n'ait à craindre sur cette valeur que l'erreur des données de l'expérience qui sera déjà très-petite dans l'état actuel de la physique expérimentale, et ne pourra que diminuer par le perfectionnement ultérieur des moyens d'observation.

Maintenant imaginons que plusieurs physiciens fassent, dans le même lieu et en même temps, l'expérience que je viens de décrire, en employant des aiguilles différentes, soit par la nature de l'acier, soit par leur température ou le degré de leur aimantation, ou même en substituant des aiguilles de nickel ou de cobalt aux aiguilles d'acier; on devra toujours conclure de ces observations la même valeur de la quantité *F*. Il faudra seulement avoir soin que l'état d'aimantation des aiguilles dont on fera usage demeure invariable pendant l'expérience, c'est-à-dire, qu'il sera nécessaire que la distribution du magnétisme n'y puisse pas changer par leur action mutuelle, jointe à celle de la terre; ce qui arriverait, par exemple, si ces aiguilles étaient for-

mées de fer doux, ou d'une autre matière où la force coercitive ne fût pas assez considérable. Avec cette précaution, il serait important de vérifier, dans toute sa généralité, cette propriété de la fonction F.

Cela posé, si l'on répète la même expérience à une époque très-éloignée de celle-ci, dans cent ans, par exemple, on conclura rigoureusement que la puissance magnétique de la terre a changé d'intensité, ou qu'elle est restée la même, selon que l'on trouvera pour la quantité F une valeur différente de celle qu'elle a maintenant, ou la même valeur; et dans le cas de la variation, le rapport de la valeur future de F à sa valeur actuelle fera connaître celui des forces magnétiques de la terre qui leur correspondent, le second rapport étant égal à la racine carrée du premier.

La puissance magnétique de la terre, comme celle de tout autre aimant, est le produit de deux facteurs, dont l'un dépend de la distribution des deux fluides, *boréal* et *austral*, dans son intérieur; et l'autre, commun à toutes les substances susceptibles d'aimantation, exprime l'intensité de l'attraction ou de la répulsion, à l'unité de distance et entre des quantités de fluide prises aussi pour unité; elle peut donc varier pour deux raisons différentes : parce que l'état particulier d'aimantation du sphéroïde terrestre viendrait à changer, ou bien parce que l'action mutuelle des particules de fluide magnétique s'affaiblirait ou deviendrait plus intense dans toutes les matières qui recèlent le magnétisme : or, il est bon d'observer qu'on sera averti, dans ces deux cas, de la variation de cette force par celle de la quantité que j'ai nommée F.

J'ai supposé qu'on ferait usage, dans l'expérience que je propose, de deux aiguilles d'inclinaison, librement suspendues par leurs centres de gravité, et oscillant dans un plan quelconque; mais si on le trouve plus commode, on pourra également employer deux aiguilles horizontales placées dans le même méridien magnétique et dans le prolongement l'une de l'autre. Cette quantité *F* dépendra alors de l'action de la terre, décomposée horizontalement ou multipliée par le cosinus de l'inclinaison magnétique, dont il faudra connaître la variation pour en conclure celle de l'intensité.

(Le Mémoire, dont ce qui précède est un extrait, fait partie des *Additions à la Connaissance des temps*, pour l'année 1828, qui paraît maintenant.)

P. S. Depuis la lecture que j'ai faite de ce Mémoire à l'Académie, j'ai pensé que pour augmenter l'action mutuelle des deux aiguilles, et par suite la précision de la méthode, on pourrait placer leurs centres de suspension dans la même verticale, et, pendant les oscillations de chaque aiguille, retourner l'aiguille fixe de manière que les poles contraires se correspondent. Mais c'est aux physiciens qui voudront faire l'expérience, à choisir les moyens d'exécution les plus convenables. Le principe que j'énonce consiste en ce que si deux aiguilles oscillent en vertu de leur action mutuelle et de celle de la terre, il y aura toujours une certaine quantité qui ne dépendra que de cette dernière action. Quels que soient le degré d'aimantation et la nature d'une aiguille isolée, sa direction ne dépend que de celle de la force magnétique du globe; et de même, dans le cas

de deux aiguilles, la quantité dont nous parlons ne dépend que de l'intensité de cette même force.

(*Note du Rédacteur.*) Pour résoudre la question que traite M. Poisson dans le Mémoire qu'on vient de lire, j'ai proposé au Bureau des Longitudes, le mercredi 16 novembre, un procédé à l'aide duquel on pourra, ce me semble, à une époque quelconque, donner à des aiguilles d'acier le même degré de magnétisme. Ce procédé se fonde sur la propriété dont une aiguille aimantée jouit, quand elle est placée dans le voisinage d'un plateau métallique tournant sur lui-même, d'être entraînée avec d'autant plus de force que son magnétisme est plus intense. En faisant l'expérience dans un plan perpendiculaire à la direction de l'aiguille d'inclinaison, on se rendra indépendant de l'action du magnétisme terrestre : alors les petits contre-poids dont chacune des extrémités de l'aiguille devra être chargée, pour que le plateau tournant avec une certaine vitesse la dévie de 10°, de 20°, de 30°, etc., donneront la mesure de l'intensité magnétique des poles. Si l'on croyait devoir admettre que la science a des moyens de reproduire à volonté du fer doué exactement des mêmes propriétés, on pourrait substituer la déviation angulaire produite par une certaine masse de ce métal, à celle qu'occasione le mouvement de rotation du plateau. Quoiqu'il en soit, une aiguille éprouvée préalablement par ce dernier procédé deviendra, comme on voit, un excellent moyen d'apprécier les changemens périodiques ou séculaires auxquels le magnétisme de notre globe pourrait être sujet; je ne donnerai pas aujourd'hui de plus grands détails, par la raison que je ne pourrais pas indiquer *en nombres*, de quelle précision la méthode est susceptible; mais j'en ferai le sujet d'un Mémoire particulier si, comme je l'espère, les expériences dont je m'occupe donnent des résultats favorables.

(A.)

De l'Influence *exercée par divers milieux sur les nombres de vibration des corps solides.*

Par Mr Félix Savart.

On a plusieurs fois entrepris de déterminer les changemens qui doivent survenir dans les nombres des vibrations des corps qu'on fait résonner successivement dans des milieux de différentes densités; mais jusqu'ici tous les essais qu'on a tentés ont été infructueux, et cela devait être : d'abord, parce qu'on manquait d'un moyen convenable pour ébranler les corps plongés dans des fluides d'une nature quelconque; ensuite, parce qu'on n'avait pas encore acquis des notions suffisantes sur les modes de vibration des corps eux-mêmes : car l'action d'un même milieu sur le nombre des vibrations d'un même corps est différente selon que ce corps est le siége de vibrations tangentielles longitudinales, tangentielles transversales, normales ou plus ou moins obliques.

Cette action est nulle pour les corps très-longs et fort minces qui exécutent des vibrations dans le sens de leur longueur : au moins elle semble telle à en juger par l'impression produite sur l'organe de l'ouïe; car une verge fort longue et d'un petit diamètre, animée de ce genre de mouvement, paraît rendre exactement le même son dans des milieux de densités fort différentes, tels que l'air, l'eau, les acides, l'huile et même le mercure.

Au contraire, dans les mêmes circonstances, les corps qui exécutent des vibrations normales font entendre des sons qui peuvent différer beaucoup les uns des autres.

Ainsi il pourra arriver que le son d'une lame mince qui résonne dans l'air devienne plus grave d'une tierce, d'une quinte, d'une octave, de deux octaves, etc., lorsque cette même lame résonnera dans l'eau ou dans d'autres liquides d'une plus ou moins grande densité. On ne peut rien déterminer sur cet abaissement du son, parce qu'il dépend des rapports qui existent entre les dimensions mêmes de la lame : plus sa largeur et sa longueur seront considérables, en même temps que son épaisseur sera plus petite, plus le nombre des vibrations diminuera par l'immersion dans un fluide plus dense, tel que l'eau, par exemple. Pour vérifier ce résultat, il fallait pouvoir imprimer à un corps des vibrations normales, par un moyen qui pût être employé indifféremment dans tous les milieux. On atteint facilement ce but en excitant le mouvement à l'aide d'un petit tube de verre qu'on frotte légèrement dans le sens de sa longueur, et qui est fixé perpendiculairement sur l'une des faces du corps qu'il s'agit d'ébranler.

Lorsque les corps exécutent des vibrations tangentielles transversales, genre de mouvement qu'on peut produire par le procédé que nous venons d'indiquer pour les vibrations normales, les altérations apportées dans le nombre des oscillations par des milieux plus denses, sont beaucoup moins considérables que lors des vibrations normales. Si l'on opère sur des verges ou des lames de verre, les sons produits dans l'eau, par exemple, diffèrent d'autant plus de ceux qui sont produits dans l'air, que ces lames sont plus étroites, à longueur et à épaisseur égales ; de sorte qu'on ne peut pas non

plus déterminer, *à priori*, ce qui devra arriver dans chaque cas particulier : il pourra se faire que le son s'abaisse d'un demi-ton, d'un ton, etc.

Il résulte donc de là que les divers milieux n'exercent aucune influence appréciable sur celles des faces d'un corps, qui sont le siége de vibrations tangentielles, et qu'au contraire ils en exercent une très-grande sur celles de ces faces qui produisent des vibrations normales ou plus ou moins obliques. En conséquence, les corps qui, comme les vases, sont formés de parois plus ou moins obliques à la direction même des vibrations, devront offrir, lorsqu'on les fera résonner dans différens milieux, des résultats fort variables, et qu'il serait impossible de prévoir dans l'état actuel de la science. Ainsi, le son d'un verre à boire ordinaire est à-peu-près d'une octave plus grave, lorsque ce corps résonne dans l'eau que lorsqu'il résonne dans l'air : tandis que pour de larges verres à pied en forme de coupe, il pourra se faire que le son dans l'eau soit d'une douzième plus grave que dans l'air. On conçoit en effet que l'abaissement du son devra être d'autant plus considérable, que le vase présentera plus de parties amincies du mouvement normal, que ses parois seront plus minces, et que son diamètre sera plus considérable. Mais on conçoit en même temps l'énorme difficulté qu'il y aurait à déterminer rigoureusement les lois de ce genre de phénomène, de manière à pouvoir prédire ce qui doit arriver à un corps quelconque qu'on veut faire résonner dans tel ou tel fluide. Et ce qui ajoute beaucoup à cette difficulté, c'est que les divers milieux qui environnent un corps en influencent le nombre de vibrations, non-seu-

lement à raison de ce qu'ils sont plus ou moins denses, mais encore parce qu'ils vibrent avec lui comme système : circonstance qui à elle seule doit avoir une grande influence.

Les modes de division des corps qui résonnent dans différens milieux sont invariables tant qu'il ne s'agit que des vibrations tangentielles longitudinales ; mais il n'en est pas de même pour les vibrations normales. Par exemple, si l'on fixe une petite verge de verre au centre d'un disque de même substance, de manière que ces deux corps soient dirigés perpendiculairement l'un à l'autre, et qu'on exerce une légère friction longitudinale sur la petite verge, le disque produira des vibrations normales, et il présentera, lorsqu'il résonnera dans l'air, une ligne nodale circulaire qui coupera chacun de ses rayons à-peu-près par le milieu de leur longueur ; mais dans l'eau, cette ligne se portera vers les bords du disque, et elle s'en approchera d'autant plus qu'il y aura une plus grande différence entre les sons du corps dans l'air et dans l'eau. On observe avec les verges un phénomène analogue : par exemple, une verge qui présente quatre lignes nodales perpendiculaires à ses arêtes lorsqu'elle résonne dans l'air, en présente encore le même nombre lorsqu'elle résonne dans l'eau ; mais alors celles de ces lignes qui étaient le moins éloignées des extrémités de la verge s'en rapprochent encore davantage, de sorte que toutes les parties vibrantes s'allongent. On peut s'assurer de l'exactitude de ces résultats en projetant du sable, à travers les liquides, sur les corps qui y sont plongés ; les lignes nodales se tracent tout aussi bien que dans l'air.

Quant à l'effet qui doit résulter de la pression plus ou moins grande que les liquides peuvent produire sur les corps vibrans, selon qu'ils sont plongés à une plus ou moins grande profondeur, on observe qu'une fois qu'ils sont assez enfoncés pour que la surface du fluide reste plane pendant l'ébranlement, le son demeure sensiblement le même jusqu'à la profondeur où l'on peut commodément les tenir d'une main et les ébranler de l'autre. Il est cependant à remarquer que lorsqu'on fait l'expérience dans un vase, il ne faut pas que le corps vibrant en approche de trop près le fond ou les parois, parce que la réaction exercée par ces parties, ébranlées alors comme système, pourrait altérer le nombre des vibrations et rendre le son plus intense.

Je terminerai cette Note par une observation relative aux recherches qu'on a faites jusqu'ici sur l'intensité des sons propagés par différens milieux. Lorsqu'on fait résonner dans un liquide, dans l'eau, par exemple, un corps qui produit des vibrations normales, si l'on fait abstraction de toutes les circonstances environnantes, c'est-à-dire, si l'on ne tient compte que de l'impression faite sur l'oreille, on juge que l'eau transmet le son avec moins d'intensité que l'air; mais si l'on fait attention que le mode de mouvement dans l'eau n'est plus le même que dans l'air, que le son est devenu plus grave, on est forcé de reconnaître que, les choses n'étant plus égales dans les deux cas, on ne peut rien conclure de la sensation qu'on éprouve. Ainsi l'on ne peut pas regarder comme exactes les conséquences qu'on a déduites des expériences qu'on a faites jusqu'à présent sur l'intensité des sons propagés par différens milieux, attendu qu'on

n'a pas eu égard à ce changement de mode de mouvement des corps qu'on faisait résonner. On conçoit, d'après ce que nous avons dit plus haut, que le seul moyen pour rendre comparables des expériences de cette nature, ce serait de les faire avec des corps longs et minces auxquels on imprimerait un mouvement tangentiel longitudinal, seul cas dans lequel le nombre des vibrations ne soit point influencé par l'action des différens milieux.

Sur de nouveaux Composés de carbone et d'hydrogène, et sur d'autres produits obtenus pendant la décomposition de l'huile par la chaleur.

Par M. Faraday.

(Lu à la Société royale de Londres le 16 juin 1825.)

(Extrait des *Transactions philosophiques* pour 1825.)

Il est généralement connu aujourd'hui que, dans les opérations de la Compagnie pour le gaz portatif, lorsque l'on comprime le gaz de l'huile dans les vases, il s'y dépose un liquide que l'on peut en retirer et conserver. La pression employée est de 30 atmosphères. Le gaz contenu dans un gazomètre au-dessus de l'eau passe d'abord dans un grand récipient très-fort, et de là, au moyen de tuyaux, dans les vases portatifs. La condensation s'opère principalement dans le récipient, et c'est dans ce vaisseau qu'a été pris le liquide sur lequel j'ai fait mes expériences, et que je

dois à la bienveillance de M. Gordon. On soutire le liquide en ouvrant une soupape conique placée au fond du récipient; de l'eau vient d'abord, et le liquide ensuite. Il fait effervescence à mesure qu'il sort; mais l'effervescence cesse immédiatement, et on peut le conserver dans des bouteilles fermées avec du liége, une fiole mince étant assez forte pour le retenir. On m'a dit que 1000 pieds cubes de bon gaz donnaient environ un gallon (4 litres) de liquide.

Le liquide se présente comme un fluide léger, quelquefois transparent et sans couleur, d'autrefois opalescent, étant jaune ou brun par transmission et vert par réflexion. Il a l'odeur du gaz de l'huile. Lorsqu'on ouvre la bouteille où il est contenu, il s'évapore abondamment; et même si la température est élevée de quelques degrés de plus, on le voit quelquefois entrer en ébullition. Très-peu de temps après, cette abondante émission de vapeurs cesse, et la portion qui reste est comparativement plus fixe.

La densité de cette substance est 0,821; elle ne se solidifie point à la température de — 18°; elle est insoluble, ou à-peu-près, dans l'eau; très-soluble dans l'alcool, l'éther et les huiles fixes ou volatiles. Elle n'agit pas sur les papiers réactifs; elle n'est pas plus soluble dans les dissolutions alcalines que dans l'eau : l'acide hydrochlorique n'a aucune action sur elle; l'acide nitrique l'attaque graduellement et produit quelquefois de l'acide hydrocyanique : l'action de l'acide sulfurique est très-remarquable, mais il en sera question plus bas.

Ce fluide est un mélange de divers corps qui, quoique

se rassemblant par leur combustibilité et par la grande quantité de fumée qu'ils donnent lorsqu'on les brûle en large flamme, peuvent cependant être séparés en partie les uns des autres par leur différence de volatilité. Une portion de ce fluide retirée du condenseur après que la pression eût été élevée à 30 atmosphères, et pendant qu'elle se soutenait à 28, fut introduite rapidement dans un vase et distillée en élevant la température avec la main. La vapeur qui se dégagea fut conduite, à travers un tube refroidi à — 18°, dans un bain de mercure; mais on ne recueillit pas un volume de vapeur plus de trois fois plus grand que celui du liquide : il s'était condensé dans le tube refroidi une portion d'un fluide qui se réduisit en vapeur lorsqu'on laissa la température s'élever d'elle-même, et ce qui restait du liquide et qui en faisait la plus grande portion, pouvait être porté à une température comparativement plus élevée, avant d'entrer en ébullition.

Une autre portion de liquide fut échauffée de manière à la maintenir toujours en ébullition. Elle commença à bouillir à 15°,5; la température s'éleva ensuite successivement, et elle était parvenue à environ 38° avant la distillation de la 10me partie du liquide; elle continua à s'élever graduellement, et elle avait atteint 120° que tout le liquide n'était pas volatilisé.

Dans l'espérance de séparer de ce mélange quelque substance distincte, on en distilla une partie, et, à partir de — 18°, on changea de récipient à chaque élévation de température de 5°,5. Mais les divers produits obtenus n'étaient point homogènes; car la portion, par exemple, qu'on avait recueillie entre 71° et 76,6, sou-

mise à une nouvelle distillation, commença à bouillir à 44°,5, et il en restait encore une partie à 93°. En rectifiant successivement toutes ces portions, et réunissant tous les produits semblables, je parvins à diminuer ces différences de température et à obtenir une série de substances de volatilités différentes. Pendant ces opérations j'eus occasion de remarquer que l'ébullition était plus constante entre 80° et 87°,7 qu'à toute autre température; car dans cette portion de l'échelle thermométrique on obtenait de plus grandes quantités de liquide sans aucun changement dans la température; tandis que dans d'autres portions de l'échelle elle s'élevait continuellement. Cela m'engagea à rechercher, dans les produits obtenus entre ces deux températures, quelque substance définie, et je parvins enfin à séparer un nouveau composé de carbone et d'hydrogène, que j'appellerai *bi-carbure d'hydrogène.*

Bi-Carbure d'hydrogène.

Cette substance fut obtenue de la manière suivante: des tubes contenant des portions des produits rectifiés furent introduits dans un mélange frigorifique à — 18°; plusieurs se troublèrent, probablement à cause de la présence d'un peu d'eau; le produit recueilli à 80° devint en partie solide, et deux autres recueillis, l'un à 85°,5 et l'autre à 87°,7, le devinrent beaucoup plus. Les liquides dans chaque tube ayant été décantés, on fit fondre les parties solides et on les réunit dans un tube plus fort et plus large que les précédens, qui fut plongé dans le mélange frigorifique. On introduisit ensuite du papier brouillard dans le tube, et par le moyen d'un

autre tube plus étroit on le pressa sur la surface de la substance solide. On parvint ainsi à séparer beaucoup de matière fluide, et à obtenir une substance solide qui ne fondait qu'à environ — 1°. Ensuite, au moyen d'une presse hydraulique, on acheva de la purifier, en ayant soin de refroidir préalablement à — 18° le papier dans lequel elle devait être enveloppée, ainsi que les autres corps qui devaient en être le plus près. Enfin elle fut distillée sur de la chaux caustique pour en séparer l'eau qu'elle aurait pù contenir.

Le bi-carbure d'hydrogène se présente, dans les circonstances ordinaires, comme un liquide transparent, sans couleur, d'une odeur semblable à celle du gaz de l'huile, et aussi à celle des amandes. Sa densité est d'environ 0,85 à 15°,5. Refroidi à 0°, il cristallise et présente sur les parois du vase des formes dendritiques. En mettant dans de l'eau à la glace des tubes contenant des filamens minces de bi-carbure, et en élevant lentement la température, on trouve son point de fusion à-peu-près à 5°,5; mais une fois liquéfié, il peut, comme l'eau et quelques solutions salines, être refroidi beaucoup au-dessous de cette température, sans devenir solide. Il éprouve une grande contraction en se congelant; car 9 parties en volume sont réduites à 8 : d'après cela, sa densité, dans cet état, est d'environ 0,956. A la température de — 18°, il est transparent, fragile, pulvérulent et à-peu-près de la dureté du sucre en pain.

Le bi-carbure d'hydrogène s'évapore entièrement à l'air. Son point d'ébullition, en contact avec le verre, est 85°,5. La densité de sa vapeur est environ quarante

fois plus grande que celle de l'hydrogène. Le bi-carbure ne conduit point l'électricité.

Cette substance est légèrement soluble dans l'eau, beaucoup dans les huiles fixes et volatiles, l'éther et l'alcool : la solution alcoolique est précipitée par l'eau. Il brûle avec une flamme brillante et beaucoup de fumée. Mis en contact avec l'oxigène, il donne une vapeur assez abondante pour produire un mélange très-détonant. En passant à travers un tube rouge, il dépose du carbone et donne du gaz hydrogène carburé.

Le chlore introduit dans une retorte avec le bi-carbure d'hydrogène n'exerce sur lui qu'une faible action, jusqu'au moment où le mélange est placé à la lumière solaire. Il se forme alors des fumées épaisses sans production de beaucoup de chaleur. On obtient finalement beaucoup d'acide hydrochlorique et deux autres substances, l'une solide et cristallisée, l'autre en un liquide épais et dense. Aucune des deux n'est soluble dans l'eau, mais elles le sont dans l'alcool; la substance liquide promptement, la solide plus difficilement. Elles paraissent être des composés triples de chlore, de carbone et d'hydrogène; mais je me réserve de les examiner plus particulièrement dans une autre occasion.

L'iode, le potassium, les solutions alcalines ou leurs carbonates n'exercent aucune action sur le bi-carbure.

L'acide nitrique l'attaque très-lentement; il paraît qu'il se forme de l'acide hydrocyanique. La matière lavée semblait n'avoir éprouvé que peu ou point de changement.

L'acide sulfurique mêlé avec le bi-carbure sur le mercure n'exerce sur lui qu'une action modérée; la

chaleur dégagée n'est point sensible, le mélange ne noircit pas, et il ne se forme pas d'acide sulfureux; mais l'acide est devenu d'une légère couleur jaune, et on voyait surnager sur sa surface un liquide incolore qui paraissait être le résultat de l'action. Il n'était point affecté par l'eau ni par une plus grande quantité d'acide sulfurique, et se solidifiait à environ + 1°. Il était plus léger que l'eau, soluble dans l'alcool, d'où il était précipité par un peu d'eau; mais une grande quantité le redissolvait entièrement (1).

Quant à la composition de cette substance, mes expériences tendent à prouver qu'elle est composée de 2 atomes de carbone et 1 atome d'hydrogène. L'absence de l'oxigène est démontrée par l'inaction du potassium, et par les résultats qu'on obtient lorsqu'on fait passer la substance à travers un tube rouge.

---

(1) L'action de l'acide sulfurique sur ce composé et sur ceux que j'ai à décrire est très-remarquable. Elle est fréquemment accompagnée de chaleur, et les corps qui sont assez volatils pour exister seuls en vapeur, sous la pression ordinaire de l'atmosphère, sont absorbés en grande quantité. Il ne se manifeste point d'acide sulfureux; et lorsque l'acide est délayé, il ne se produit aucun corps, excepté une petite portion d'un produit particulier résultant de l'action de l'acide sur les substances, et qu'il retient en dissolution. L'acide se combine directement avec le carbone et l'hydrogène, et forme avec les bases des sels particuliers qui ont quelque ressemblance avec les sulfovinates, mais qui cependant en sont différens. J'ai trouvé également que l'acide sulfurique se combine avec le gaz oléfiant sans le décomposer,

0,776 grains décomposés par l'oxide de cuivre ont fourni :

Carbone,	0,7117	ou	11,44;
Hydrogène,	0,0644		1.

Ces deux poids réunis égalent à très-peu près celui de la substance employée ; et en faisant l'hydrogène égal à 1, le carbone n'est pas très-éloigné de 12 ou de deux proportions. Quatre autres expériences ont donné des résultats s'approchant tous du précédent, et dont la moyenne était pour 1 d'hydrogène 11,576 de carbone.

Si l'on fait maintenant attention que la substance doit, d'après la manière dont elle a été préparée, retenir encore une portion du corps bouillant à 85°,5, mais restant liquide à — 18°, et qui, comme nous le verrons plus tard, contient moins de carbone que le composé cristallisé (seulement environ 8,25 pour 1 d'hydrogène), on peut admettre, je pense, que le faible déficit, mais constant, de carbone trouvé dans les expériences est dû à la portion ainsi retenue ; et que le composé cristallin, s'il était pur, donnerait 12 parties de carbone pour 1 d'hydrogène, ou deux proportions du premier pour une du second. Ce résultat est aussi

---

et qu'en dix-huit jours il en avait absorbé 85 fois son volume. Le nouvel acide sature les bases et forme des sels particuliers que je me propose d'examiner par la suite, de même que les produits formés par l'action de l'acide sulfurique sur le naphte, les huiles essentielles, et même sur l'amidon et le ligneux dans la production du sucre, de la gomme, etc., pendant laquelle action on n'observe aucune carbonisation, et dont les résultats paraissent être analogues.

confirmé par ceux que j'ai obtenus en faisant détoner la vapeur de la substance avec l'oxigène. On trouve que 1 volume de vapeur exige à très-peu près 7,5 volumes d'oxigène pour sa combustion : 6 forment de l'acide cabonique et 1,5 de l'eau. L'hydrogène existant dans le composé est donc égal à 3 volumes, et le carbone à 6. Par conséquent, si l'on représente l'hydrogène par 1, le nombre équivalent du composé sera égal à :

Carbone,	$6 \times 6 = 36$;
Hydrogène,	$1 \times 3 = 3$;
	39;

et la densité de sa vapeur, rapportée à celle de l'hydrogène, sera aussi 39; densité plus faible de $\frac{1}{40}$ que celle trouvée par expérience.

Parmi les produits liquides fournis par le fluide original il s'en trouvait un qui, obtenu comme il a été dit ci-dessus, en exposant à un froid de — 18° la portion distillée entre 82° et 88°, correspondait à la substance déjà décrite, quant à son point d'ébullition; mais en différait en ce qu'il restait liquide à de très-basses températures; et je fus curieux de comparer les deux ensemble. Je n'avais aucun moyen de séparer ce produit du bi-carbure d'hydrogène, dont il devait être une dissolution saturée à — 18°. Son point d'ébullition était constamment 85°,5. Dans ses caractères généraux de solubilité, de combustibilité, d'action du potassium, etc., il avait de la ressemblance avec la substance déjà décrite. Sa densité à 15°,5 était 0,86. Celle de sa vapeur a été, dans une expérience, à-peu-près 43,25, et dans une

autre, 44, la densité de l'hydrogène étant 1. C'est probablement la cause pour laquelle la densité de la vapeur du bi-carbure d'hydrogène donnée par l'expérience a été trouvée plus grande qu'elle ne devrait être d'après la théorie, en la supposant pure.

L'acide sulfurique agit beaucoup plus puissamment sur cette substance que sur le bi-carbure : il s'est dégagé beaucoup de chaleur ; le mélange s'est fortement coloré et s'est divisé en un acide noir épais et un liquide jaune plus léger, résistant, à la température ordinaire, à l'acide sulfurique.

Cette substance, analysée par l'oxide de cuivre, a donné :

Carbone,	0,57318	ou 8,764;
Hydrogène,	0,06667	1.

Mais comme elle doit avoir retenu beaucoup de bi-carbure d'hydrogène, il est évident qu'à l'état pur le carbone s'y serait trouvé en moindre quantité, et qu'elle se serait rapprochée d'un simple carbure d'hydrogène contenant une proportion de chacun de ses élémens.

Nouveau carbure d'hydrogène.

Parmi les autres produits fournis par le liquide déposé pendant la condensation du gaz de l'huile, celui qui se rapproche le plus du bi-carbure paraît être le liquide qui est le plus volatil. Si l'on chauffe le liquide original avec la main ou de toute autre manière, et que l'on fasse passer la vapeur à travers un tube refroidi à — 18°, il passe très-peu de vapeur sur la cuve au mercure; mais on trouve dans le tube, au bout d'un certain temps,

un liquide jouissant des propriétés suivantes. Quoique fluide à — 18°, il entre en ébullition par une légère élévation de température, et avant qu'elle soit parvenue à 0°, il est entièrement réduit en une vapeur qu'on peut recevoir et conserver sur le mercure.

Cette vapeur est très-combustible et brûle avec une flamme brillante. La densité de la première portion était entre 27 et 28, celle de l'hydrogène étant 1. Refroidie à — 18°, elle se condense de nouveau en un liquide dont la densité est 0,627, à la température de 12°. Ce corps est par conséquent, parmi les solides et les liquides, le plus léger connu.

La vapeur agitée avec l'eau n'est absorbée qu'en petite quantité; l'alcool en dissout au contraire beaucoup; on obtient une dissolution qui, lorsqu'on y ajoute de l'eau, fait une vive effervescence et laisse dégager une grande quantité de vapeur.

L'huile d'olive dissout environ six fois son volume de vapeur.

Les dissolutions alcalines et l'acide hydrochlorique n'ont aucune action sur elle.

L'acide sulfurique condense une très-grande quantité de vapeur; il en prend environ cent fois son volume. Quelquefois la vapeur est entièrement absorbée; mais d'autres fois il reste une petite quantité d'un gaz brûlant en bleu pâle, qui paraît être le résultat d'une action trop rapide. Il se dégage beaucoup de chaleur pendant l'action, mais il ne se forme point d'acide sulfureux; l'acide est fortement noirci, il prend une odeur particulière, et se trouble ordinairement quand on ajoute de l'eau sans laisser dégager de fluide élastique. Il s'est

produit ici un composé particulier de l'acide avec le carbone et l'hydrogène qui se combine avec les bases.

On a fait un mélange de 2 volumes de vapeur, avec 14 de gaz oxigène pur, et on en a fait détoner 8,8 dans un tube eudiométrique. Ces 8,8 parties ont été réduites par l'inflammation à 5,7, et par la dissolution de potasse à 1,4, qui étaient de l'oxigène. Par conséquent, il avait disparu 7,4 du mélange, composées de :

Vapeur de la substance..............	1,1 ;
Oxigène........................	6,3 ;

Acide carbonique formé..............	4,3 ;
Oxigène de l'acide carbonique........	4,3 ;
Oxigène combiné avec l'hydrogène.....	2,0 ;
Diminution par l'étincelle............	3,1 ;

ce qui revient à-peu-près à dire que 1 volume de vapeur en a exigé 6 d'oxigène, dont 4 ont été employés à former de l'acide carbonique, et les 2 autres à former de l'eau, en se combinant avec 4 d'hydrogène. D'après cela, 4 volumes ou proportions d'hydrogène = 4 se sont combinés avec 4 proportions de carbone = 24 pour former un volume de vapeur, dont la densité doit être 28. Ce résultat théorique diffère peu de la densité obtenue par les expériences précédentes ; et comme on sait que cette vapeur doit retenir en dissolution de petites portions d'autres substances, il n'y a aucune raison de douter que si on l'obtenait pure, elle ne fût ainsi composée.

Comme les proportions des élémens dans cette vapeur paraissent être les mêmes que dans le gaz oléfiant, il

devenait intéressant de s'assurer si le chlore avait la même action sur elle que sur ce dernier. On a en conséquence mêlé le chlore et la vapeur dans une retorte où on avait fait le vide : la combinaison s'est faite rapidement avec dégagement de beaucoup de chaleur, et on a obtenu un liquide ressemblant à l'hydrochlorure de carbone, ou la substance obtenue par le même procédé avec le gaz oléfiant. Ce liquide était transparent, sans couleur et plus pesant que l'eau. Il avait la même saveur sucrée, mais accompagnée d'une amertume aromatique très-persistante. De plus, il était composé d'à-peu-près volumes égaux de vapeur et de chlore; et par conséquent il ne pouvait être la même substance que l'hydrochlorure de carbone, provenant du gaz oléfiant, puisqu'il contenait deux fois plus d'hydrogène et de carbone. Il fut donc exposé avec un excès de chlore à la lumière solaire : l'action fut lente; une plus grande quantité de chlore se combina avec le liquide, il se forma de l'acide hydrochlorique, et l'on obtint finalement un fluide visqueux composé de chlore, d'hydrogène et de carbone, mais non du chlorure de carbone. C'est un fait remarquable qui sert à montrer que, quoique les élémens soient les mêmes et dans la même proportion que dans le gaz oléfiant, ils sont dans un état très-différent de combinaison.

La tension de la partie la plus volatile du liquide obtenu par la compression du gaz de l'huile, et qui se rapproche le plus par son élasticité du gaz oléfiant existant dans le mélange qui constitue le gaz de l'huile, paraît être d'environ 4 atmosphères, à la température de 15°,5; et

comme il ne paraît y avoir aucune raison de douter que des portions des substances les plus volatiles du gaz de l'huile au-dessous du gaz oléfiant ne fussent contenues dans le liquide (d'autant plus que le gaz oléfiant lui-même s'y dissout en petite quantité), on peut présumer qu'il n'y a point de substance dans le gaz de l'huile qui soit beaucoup plus volatile que celle qui supporte une pression de 4 atmosphères à 15°,5; ou en d'autres mots, qu'il n'y a point une série de substances s'élevant de ce corps au gaz oléfiant, et possédant chaque degré intermédiaire d'élasticité, comme il paraît y en avoir une descendant du même corps aux composés exigeant 120 ou 150 degrés pour leur ébullition.

Relativement à ces produits les plus volatils, je ne dois point oublier de dire que j'ai souvent observé qu'il s'élève, avec la vapeur qui se forme à la température de 10 à 15 degrés, une substance qui cristallise en aiguilles dans le récipient refroidi à — 18°. Une élévation de température de 4 à 5 degrés en détermine la fusion et la fait disparaître. C'est sans doute un corps particulier et défini; mais la quantité en est extrêmement petite, ou bien il faut admettre qu'il est extrêmement soluble dans les liquides qui l'accompagnent.

Le liquide volatil qui vient d'être décrit donne la possibilité de faire une lampe alimentée par la vapeur de ce liquide. Une pareille lampe n'est encore qu'un objet de pure curiosité; mais si on parvenait à former le liquide volatil en grande quantité, elle pourrait recevoir des applications utiles.

Sur les Portions restantes du liquide obtenu par la condensation du gaz de l'huile.

On a remarqué plus haut que par des distillations répétées on obtenait divers produits bouillant entre des limites de température qui ne variaient que peu, et que lorsqu'on distillait ces produits, ils n'étaient point réduits en d'autres portions différant beaucoup l'une de l'autre en volatilité, ainsi que cela arrive toujours dans les premières distillations. Quoique je ne pusse douter que ces divers produits ne fussent des mélanges, peut-être de corps inconnus, et certainement en proportions inconnues, j'ai cependant fait des expériences sur leur composition, en les faisant passer sur de l'oxide de cuivre, dans l'espérance de résultats qui pourraient conduire à se former une idée exacte de leur nature. Ils paraissent tous être des composés binaires de carbone et d'hydrogène, et la table suivante montre les proportions obtenues. La première colonne exprime la température d'ébullition à laquelle chaque produit a été distillé ; la seconde donne l'hydrogène pris comme quantité constante, et la troisième le carbone.

60	1	7,58 ;
65,5	1	8,38 ;
71,0	1	7,90 ;
80	1	8,25 ;
87,8	1	8,76 ;
93,3	1	9,17 ;
98,9	1	8,91 ;
104,4	1	8,46.

Ces divers produits possèdent généralement les propriétés du bi-carbure d'hydrogène. Ils résistent tous à l'action des alcalis, même celui qui ne bout qu'au-dessus de 121°, et sous ce rapport ils se distinguent éminemment des huiles auxquelles ils doivent leur origine. L'acide sulfurique les attaque tous instantanément, avec les phénomènes déjà décrits.

Le Dr Henry, dans un Mémoire lu à la Société royale le 22 février 1821, parle de la découverte faite par M. Dalton d'une vapeur dans le gaz de l'huile, plus pesante que le gaz oléfiant, demandant beaucoup plus d'oxigène pour sa combustion, et condensable par le chlore. M. Dalton paraît considérer tout ce qui est condensé par le chlore comme un nouveau composé constant de carbone et d'hydrogène; mais le Dr Henry, qui avait observé que la proportion d'oxigène pour sa combustion variait de 4,5 à 5 volumes, et celle de l'acide carbonique produit de 2,5 à 3, était disposé à la considérer comme un mélange de la vapeur d'une huile très-volatile avec le gaz oléfiant et d'autres gaz combustibles. Il rapporte de plus que le naphte en contact avec le gaz hydrogène donne une vapeur semblable, et qu'il a été informé que lorsque l'on comprime le gaz de l'huile dans une lampe de Gordon, il dépose une huile très-volatile.

Un écrivain, dans les *Annals of Philosophy*, a déduit des expériences du Dr Henry que la substance dont M. Dalton avait établi l'existence n'était point un gaz particulier, mais une modification du gaz oléfiant, et

qu'elle renfermait les mêmes élémens et dans les mêmes proportions, avec cette seule différence que les atomes composés étaient ternaires au lieu d'être binaires ; et le Dr Thomson a adopté cette opinion dans ses principes de chimie. C'est la première fois, je crois, que l'on a admis l'existence de deux composés gazeux, ne différant en rien l'un de l'autre que par leur densité; et quoique la proportion de 3 à 2 ne soit point confirmée, cependant la partie la plus importante de la proposition l'est par l'existence du composé décrit plus haut, lequel, quoique renfermant le carbone et l'hydrogène dans la même proportion que le gaz oléfiant, a une densité double (1).

Il est évident que la vapeur observée par M. Dalton et le Dr Henry doit avoir contenu non-seulement ce composé et une portion de bi-carbure d'hydrogène, mais

(1) Relativement à l'existence de corps composés des mêmes élémens et dans les mêmes proportions, mais différant dans leurs propriétés, on peut observer que maintenant que nous sommes avertis de leur existence, ils se multiplieront probablement. J'ai décrit un composé de gaz oléfiant et d'iode, renfermant une proportion d'iode, deux de carbone et deux d'hydrogène. M. Serrulas, par l'action du potassium sur une dissolution alcoolique d'iode, a obtenu un composé décidément différent du précédent par ses propriétés, quoique renfermant les mêmes élémens et dans les mêmes proportions.

De plus, MM. Liebig et Gay-Lussac, dans leurs recherches sur la nature des composés fulminans d'argent et de mercure, ont été conduits à les regarder comme des sels contenant un

encore des portions des autres substances ; et on ne peut douter que la quantité de ces vapeurs ne doive varier à partir du point d'entière saturation du gaz, lorsqu'il est sur l'eau ou sur l'huile, jusqu'à des proportions inconnues, mais beaucoup plus petites. Il est par conséquent nécessaire, dans l'analyse du gaz de l'huile et du charbon de terre, d'avoir des moyens pour reconnaître la présence de ces vapeurs et déterminer leur quantité ; et je trouve qu'on peut le faire avec la plus grande exactitude avec l'acide sulfurique, l'huile, etc., à cause de leur pouvoir dissolvant sur ces substances.

L'acide sulfurique est, sous ce rapport, un excellent agent. Il agit instantanément sur toutes les vapeurs sans dégager d'acide sulfureux; et en supposant que 1 volume de la vapeur d'un quelconque des produits du liquide obtenu par la compression du gaz de l'huile soit mélé avec 1, 2, 3... 12 volumes d'air, d'oxigène ou d'hydrogène, il est entièrement absorbé par 1 volume ou même $\frac{1}{2}$ volume d'acide sulfurique.

---

nouvel acide (l'acide cyanique), et qu'ils devaient leur pouvoir détonant à la facilité avec laquelle les élémens de cet acide se séparaient les uns des autres. Mais M. Wohler, en faisant détoner un mélange de nitre et de ferro-cyanure de potassium, a formé un sel qui, d'après son analyse, est un vrai cyanate de potasse, et dont l'acide renferme les mêmes élémens et en même proportion que l'acide cyanique des fulminates, quoiqu'il en soit d'ailleurs entièrement différent par ses propriétés. M. Gay-Lussac observe que si l'analyse de l'acide cyanique de M. Wohler est exacte, on ne peut expliquer la différence des deux acides qu'en admettant entre leurs élémens un mode différent de combinaison.

Lorsque le gaz oléfiant existe dans le mélange, il faut plus de soin dans les expériences analytiques en raison de l'absorption graduelle de ce gaz par l'acide sulfurique. J'ai trouvé que 1 volume d'acide sulfurique mis en contact avec un excès de gaz oléfiant en absorbait 7 volumes en vingt-quatre heures. Lorsque le gaz oléfiant était délayé avec de l'air ou de l'hydrogène, la quantité absorbée dans un temps donné était beaucoup diminuée, et en deux heures elle était à peine appréciable; temps qui paraît cependant suffisant pour que l'acide enlève toutes les vapeurs du gaz de l'huile ou du charbon de terre.

J'ai opéré généralement dans des tubes de verre sur le mercure. J'y faisais passer le gaz, la vapeur ou le mélange, et j'y portais ensuite l'acide sulfurique par le moyen d'un tube recourbé, muni d'une boule, et je poussais l'acide à travers le mercure par la force de la bouche.

	Volume du gaz.	Volume de l'acide sulfuriq.	Réduction en 8'.	Réduct en 1 h.	Réduct. en 2 h.	Diminut. pour cent.
Gaz de l'huile pris dans un gazomètre.	144,3	9,2	119,1	113,7	111,6	22,76
Gaz de l'huile d'une lampe de Gordon.	162,0	8,3	en 15', 139,6	en 30'. 137,6	en 3 h. 132,8	18,10
Gaz du charbon de terre d'une pauvre qualité.	334,3	22,8	329,1	326,5	326,4	3,25

On peut aussi employer l'huile pour la séparation de

ces vapeurs. Elle condense environ 6 volumes de la vapeur la plus élastique à une température ordinaire, et elle dissout mieux la vapeur des liquides qui n'entrent en ébullition qu'à des températures plus élevées. J'ai trouvé que, dans des mélanges avec l'air ou l'oxigène, pour la détonation, on pouvait séparer promptement la vapeur par le moyen de l'huile d'olive, et que lorsqu'elle était mêlée avec le gaz oléfiant ou d'autres gaz, on empêchait l'huile de dissoudre ces derniers, en la saturant d'abord des mêmes gaz, et en l'employant ensuite pour séparer les vapeurs.

On peut employer de la même manière quelques-unes des huiles essentielles les plus fixes, telles que l'huile sèche (*dry*) de térébenthine, et même les liquides résultant de la condensation et entrant seulement en ébullition à 105 ou 110 degrés, en prenant soin toutefois d'évaluer l'expansion du gaz par la vapeur du liquide; ce que l'on peut faire aisément en conservant une portion connue d'air commun sur le liquide, comme témoin.

Quant aux proportions des substances contenues dans le liquide obtenu par la compression du gaz de l'huile, il serait extrêmement difficile d'obtenir des résultats précis, en raison du grand nombre de rectifications nécessaires pour séparer les portions les plus volatiles de celles qui le sont le moins; mais la table suivante fournira une approximation. Elle contient la perte de 100 parties en poids du fluide original que l'évaporation lui fait éprouver pour chaque élévation de température de 5°,55, la substance étant retenue dans un état d'ébullition.

		Parties.	Différences.
100 parties à	14°,4		
avaient perdu à	21,1	1,1	
	26,6	3,0	1,9
	32,2	5,2	2,2
	37,7	7,7	2,5
	43,3	10,1	2,4
	48,8	13,2	3,1
	54,4	16,1	2,9
	60,0	19,3	3,2
	65,5	22,4	3,1
	71,1	25,6	3,2
	76,7	29,0	3,4
	85,2	44,7	15,7
	87,8	68,1	23,4
	93,3	84,2	16,1
	98,9	91,6	7,4
	104,4	95,3	3,7
	110,0	96,6	1,3.

Le résidu 3,4 fut volatilisé avec une légère décomposition avant que la température eût atteint le 121me degré.

L'importance de ces diverses substances en vapeur dans le gaz de l'huile, comme contribuant à sa grande puissance d'illumination, sera très-bien sentie si l'on fait attention qu'il est saturé de plusieurs de ces vapeurs, et même de celles qui ont le plus de densité. En distillant une portion du liquide qui s'était condensé dans les tuyaux conduisant le gaz de l'huile à un gazomètre, j'ai trouvé qu'il contenait du bi-carbure d'hydrogène. J'en ai reconnu la présence en soumettant à un froid de — 20° la petite quantité de liquide qui avait passé à la

distillation avant la température de 88° ; car il s'est séparé du liquide une substance cristallisée. En distillant du goudron récent du charbon de terre, je n'ai pu, comme je m'y attendais, découvrir le bi-carbure d'hydrogène ; mais l'action de l'acide sulfurique sur le gaz du charbon de terre y démontre la présence de quelques-unes des substances volatiles.

Quant aux usages probables du liquide obtenu par la compression du gaz de l'huile, il est d'abord évident, en raison de sa grande volatilité, que si on l'introduit dans un gaz brûlant avec une flamme pâle, il lui donnera assez de vapeur pour la faire brûler d'une lumière éclatante ; et que même la vapeur des portions qui n'entrent en ébullition qu'à 77 ou 82 degrés est encore assez dense pour remplir entièrement cet objet. L'expérience en a été faite, et le succès a été complet.

Le liquide est aussi un excellent dissolvant du caoutchouc, très-supérieur à ceux que l'on connaissait. Il a déjà été employé pour cet objet. Il pourra remplacer les huiles volatiles dans un grand nombre de circonstances, et dans les cas où la volatilité est nécessaire, il les surpassera de beaucoup par cette propriété quand il aura été rectifié.

Il est possible que quelque jour, lorsque l'on comprendra mieux les petits changemens qui ont lieu pendant la décomposition des corps gras par la chaleur, et qu'on pourra maîtriser ce procédé, cette substance puisse servir à entretenir une lampe. La propriété qu'elle possède de rester fluide sous la pression de 2 à 3 atmosphères, et de se réduire en vapeur à une pression

moindre, lui donne tous les avantages d'une lampe à gaz sans les inconvéniens d'une lampe à haute pression.

Sur *la Décomposition réciproque des corps*:

Par M. Gay-Lussac.

L'on est redevable à Berthollet de l'importante loi que les corps de propriétés analogues se déplacent mutuellement de leurs combinaisons, et que les principales causes qui limitent la séparation sont la volatilité et l'insolubilité. Berthollet n'a peut-être pas développé suffisamment les conséquences de cette loi; mais il est facile de les pressentir dans chaque cas particulier.

Lorsque deux acides agissent sur une base et que le tout reste en dissolution, la base se partage entre eux, non d'après leur quantité pondérale, mais d'après le nombre de leurs atomes, et il ne semble pas que son affinité pour chaque acide ait en général une très-grande part dans le phénomène. Il suffit, pour que le partage de la base ait lieu, que les acides, quelle que soit la différence de leur volatilité ou de leur solubilité, restent dans la dissolution; car alors ils doivent se comporter comme s'ils jouissaient de ces deux propriétés au même degré.

Concevons, par exemple, que l'on verse de l'acide nitrique en excès sur du chlorure de sodium; il y aura

aussitôt dans le mélange de l'acide hydrochlorique et du chlore, et si l'on fait chauffer, le chlorure sera bientôt changé en nitrate de soude. En faisant l'expérience inverse, c'est-à-dire, en traitant le nitrate de soude par l'acide hydrochlorique en excès, on le convertira en chlorure de sodium. Ces décompositions réciproques sont très-faciles, et on peut, en transformant deux nitrates en chlorures, déterminer la proportion dans laquelle ils étaient mélangés : on n'a besoin que de connaître le poids des deux nitrates et des deux chlorures, et le poids atomistique de chaque sel. Tous les chlorures ne sont pas décomposés par l'acide nitrique avec la même facilité; celui d'argent, qui est complètement insoluble dans l'eau et les acides, n'est point attaqué, et celui de calcium l'est plus difficilement que ceux de potassium et de sodium. Mais il faut aussi remarquer que nous comparons ici des composés (des chlorures et des nitrates) qui ne sont point analogues, et qu'on ne peut appliquer la loi dont nous avons parlé qu'en supposant que les chlorures restent indifféremment, dans les dissolutions, à l'état de chlorures ou à celui d'hydrochlorates, ce qui n'est pas toujours le cas.

L'acide sulfurique, à une température ordinaire, sépare en partie l'acide borique et l'acide arsénique de leurs combinaisons; mais à une température élevée, il est au contraire chassé par ces mêmes acides.

L'acide nitrique et l'acide hydrochlorique décomposent les fluorures; et, à son tour, l'acide hydrofluorique décompose les nitrates et les chlorures.

L'acide acétique décompose plusieurs chlorures, et réciproquement l'acide hydrochlorique décompose les

acétates. Beaucoup d'autres acides végétaux, et particulièrement l'acide lactique, présentent des phénomènes analogues.

Les gaz solubles dans l'eau, et qui s'en séparent dans le vide, sont tous chassés de ce liquide par un autre gaz qu'on y fait passer en excès.

On pourrait citer une foule d'autres faits semblables; mais nous nous bornerons à rappeler la décomposition des hydrosulfates par l'acide carbonique et celle des carbonates par l'acide hydrosulfurique, sur lesquelles M. Henry fils vient de faire un travail très-long pour démontrer ce que la simple réflexion lui eût révélé sans peine, en partant des lois établies par Berthollet.

Le bi-carbonate de potasse, par exemple, exposé en dissolution au contact de l'air, perd une portion de son acide et acquiert la propriété de précipiter le sulfate de magnésie. Si l'on y fait passer un courant de gaz hydrosulfurique, dont les propriétés acides sont, comme on sait, à-peu-près les mêmes que celles de l'acide carbonique, il y aura nécessairement une portion d'acide carbonique qui deviendra libre; et comme elle sera entraînée à mesure par le courant de gaz hydrosulfurique, le bi-carbonate restant sera toujours dans les mêmes circonstances de décomposition, et, de proche en proche, celle-ci deviendra complète.

De même, en faisant passer un courant de gaz carbonique dans un bi-hydrosulfate, celui-ci sera décomposé partiellement, et l'acide hydrosulfurique mis à nu étant entraîné par le courant d'acide carbonique, la décomposition de l'hydrosulfate sera successive et s'achèvera entièrement.

Il faut remarquer que ces décompositions exigent une quantité d'acide de beaucoup plus grande que celle qui serait nécessaire pour saturer la base ; car l'acide éliminé ne peut s'échapper de la dissolution qu'à la faveur d'un grand excès de l'acide qui a pris sa place, d'après la théorie des vapeurs.

Il faut remarquer encore que si le carbonate et l'hydrosulfate n'étaient pas à l'état de bi-sels, ils ne commenceraient l'un et l'autre à laisser dégager leur acide que lorsqu'ils seraient parvenus à ce dernier état. M. Henry a observé que les carbonates insolubles n'éprouvaient qu'une très-faible décomposition de la part de l'acide hydrosulfurique, et il est très-aisé de le concevoir ; mais ce qui ne l'est pas autant, c'est que les carbonates, suivant le même observateur, sont décomposés plus difficilement par l'acide hydrosulfurique, que les hydrosulfates par l'acide carbonique.

Analyse *de l'*Hétépozite, *minéral envoyé, sous cette dénomination, par M.* Alluau *aîné, du département de la Haute-Vienne* (1).

Par M. Vauquelin.

Parmi les morceaux qui faisaient partie de l'envoi de ce minéral, il y en avait de tendres et de durs. Les premiers donnent une poudre d'un beau violet d'évêque ; les autres une poudre tantôt grise et tantôt jaunâtre.

---

(1) L'hétépozite se trouve aux Hureaux, commune de Saint-Sylvestre, Haute-Vienne.

Ces fragmens, quoique différens en couleur et en dureté, paraissent cependant de la même nature ; car ils fondent au chalumeau avec la même facilité et les mêmes phénomènes. Il résulte de leur fusion un globule noir, tantôt lisse à sa surface, tantôt hérissé de petites végétations.

La poudre de la variété violette exposée à une chaleur rouge perd 5 centièmes de son poids, et prend une couleur jaune-verdâtre, absolument semblable à la variété de phosphate vert-olive dont nous avons parlé ailleurs. En examinant attentivement les morceaux du minéral violet, l'on y remarque, en effet, quelques points d'une matière verdâtre cristallisée en aiguilles rayonnées.

La pesanteur spécifique de ce minéral, prise sur un fragment pesant 6 grammes, s'est trouvée de 3 et une légère fraction.

Première Expérience.

Deux grammes de la variété violette, purgée, autant que possible, de corps étrangers, soumis à l'action de l'acide muriatique, paraissent se dissoudre en partie : le liquide prend une couleur brune ; mais si l'on y met de l'eau, la portion de matière dissoute se précipite avec sa couleur violette. A l'aide de la chaleur, la dissolution s'opère complètement ; il se développe du chlore, et l'acide se colore en rouge bruu, qui passe au jaune clair par l'addition de l'eau ; il ne reste que 5 centigrammes de matière blanche qui m'a paru n'être que de la silice.

La production du chlore semble annoncer qu'une petite quantité de peroxide de manganèse est, dans ce minéral, à l'état de liberté ; et la couleur violette qu'il présente donne de la vraisemblance à cette opinion.

La dissolution muriatique mêlée avec de l'ammoniaque donna un précipité rouge pâle, et comme gélatineux : le liquide, après cette précipitation, n'avait plus de couleur; il précipitait les nitrates de chaux et de baryte en flocons blancs qui avaient l'apparence de phosphates de ces bases.

Pour nous assurer si ces précipités étaient véritablement produits par l'acide phosphorique, nous avons décomposé la totalité de la liqueur par le muriate de baryte. Le précipité s'est d'abord présenté sous forme de flocons occupant beaucoup de volume; mais quelque temps après, la matière est devenue granuleuse. Elle a été lavée, séchée et mise à part.

Le précipité rouge pâle, formé par l'ammoniaque dans l'opération ci-dessus, paraissant n'avoir pas été entièrement dépouillé de son acide, il a été traité avec une forte solution de potasse caustique; il a pris sur-le-champ une couleur noire foncée, et a perdu son état gélatineux. Après avoir fait bouillir ces matières pendant quelques minutes, on a étendu d'eau, filtré la liqueur et lavé la matière noire : celle-ci ne pesait plus que 98 centigrammes après la dessiccation.

La liqueur alcaline, neutralisée par l'acide muriatique, a été mêlée avec une solution de muriate de baryte, d'où il est résulté un précipité blanc très-abondant, de forme floconneuse, comme le premier, et qui s'est réduit de même en une poudre fine; lavé et séché, il pesait avec le précédent 3 grammes 15 centièmes. Comme je n'avais pas eu la précaution de faire bouillir le liquide après l'avoir neutralisé par l'acide nitrique, et qu'il y pouvait rester de l'acide carbonique qui, à

l'aide de l'ammoniaque ajoutée pour qu'il ne restât pas de phosphate en dissolution, aurait formé une certaine quantité de carbonate de baryte, j'ai redissous ce précipité dans l'acide muriatique; et après avoir étendu la dissolution avec de l'eau, je l'ai fait bouillir et l'ai précipitée de nouveau par l'ammoniaque : mais la différence entre le poids de ce précipité et celui qu'il avait avant n'a différé que de quelques centigrammes en moins. Aussi ne s'est-il pas manifesté d'effervescence bien sensible pendant sa dissolution dans l'acide.

Deuxième Expérience.

Deux grammes du même minéral traités par l'acide nitrique ont été attaqués moins facilement que par l'acide muriatique; le premier effet de son action a été de détruire la couleur violette de la poudre, et de lui en faire prendre une brune : ce mélange, évaporé à siccité et lavé à l'eau chaude, n'a presque rien communiqué à ce fluide; apparemment que ce qui s'était dissous dans l'acide s'en est séparé quand le mélange a été réduit à siccité. Le lavage donnait cependant un léger précipité jaune par l'addition de l'ammoniaque; l'acide oxalique et le muriate de baryte y produisaient aussi un léger trouble; ce qui annonce un peu d'oxide de fer et du sulfate de chaux.

La matière, insoluble dans l'acide nitrique, a été ensuite dissoute dans l'acide muriatique; la dissolution, étendue d'eau et filtrée, a été précipitée par un grand excès de potasse caustique. Le précipité, qui avait une couleur brun-noirâtre, agité à plusieurs reprises, pour renouveler le contact des parties de la matière entre

elle, et en opérer complètement la décomposition, a été ensuite séparé par le filtre, et lavé à l'eau bouillante. Ce précipité, parfaitement desséché, pesait 1 gramme 3 centièmes. Cette quantité de fer, réunie à celle indiquée plus haut, donne un poids moyen de 1 gramme 1 centième.

La liqueur alcaline, neutralisée par l'acide muriatique, a été précipitée par le muriate de baryte; le précipité blanc qui en est résulté a présenté les mêmes propriétés que celui dont nous avons parlé plus haut : son poids était de 3 grammes 16 centièmes.

Le précipité métallique pesant 1 gramme 3 centièmes, traité par l'acide muriatique, s'est dissous avec effervescence et dégagement de beaucoup de chlore. Lorsque la dissolution eut bouilli pendant quelque temps, on l'étendit d'environ un demi-litre d'eau, et l'on précipita le fer au moyen du carbonate de potasse. Le métal, recueilli avec les précautions convenables, pesait 71 centigrammes; il était rouge, et les petits fragmens dont il était formé présentaient un reflet irisé; l'oxide de manganèse précipité à son tour, en ajoutant à la liqueur doù le fer avait été séparé, du sous-carbonate de potasse, pesait 33 centigrammes.

Pour savoir d'une manière encore plus positive si c'était bien l'acide phosphorique qui minéralisait le fer et le manganèse, nous avons dissous dans l'acide muriatique les 3 gr. 16 centièmes de précipité obtenu dans une des expériences précédentes, et ensuite précipité la baryte par l'acide sulfurique: le sulfate de baryte obtenu pesait 3 gr. 49 centièmes, dans lesquels il y a, suivant les proportions établies, 2 gr. 30 centièmes de ba-

ryte, qui, retranchés de 3,16 gr., donnent 86 centigrammes, ou 42,33 d'acide pour cent.

Nous avons fait évaporer le liquide où devait se trouver l'acide, et cette évaporation, poussée avec une assez forte chaleur jusqu'à ce qu'il ne se soit plus dégagé de vapeurs, a laissé pour résidu un liquide visqueux, de couleur légèrement brune, très-acide, et qui s'est pris en une forme gommeuse par le refroidissement, mais qui n'a pas tardé à se liquéfier au contact de l'air. Cet acide s'est entièrement dissous dans l'eau, moins quelques flocons bruns presque impondérables. Sa dissolution incolore a été soumise aux épreuves suivantes : 1°. il précipitait l'eau de chaux et de baryte en flocons blancs, qu'un excès d'acide redissolvait; 2°. saturé par l'ammoniaque, il précipitait les dissolutions de plomb en blanc, et d'argent en jaune; enfin, à moins que d'en retirer le phosphore, on ne peut pas être plus sûr de sa nature.

Troisième Expérience.

Deux grammes d'hétépozite ont été traités par une quantité égale de potasse à l'alcool, et une petite quantité d'eau pour faciliter le mélange des matières; aussitôt qu'elles ont été en contact, il s'est produit une action extrêmement vive, avec un développement de chaleur très-supérieur à celui qui serait résulté de la combinaison de l'eau avec l'alcali, et le mélange a pris sur-le-champ une couleur noire assez intense. Poussé au rouge dans un creuset de platine, et le résultat lavé à grande eau bouillante et séché, pesait 1 gramme 3 centigr.

Le lavage, à peine alcalin, était entièrement incolore,

ce qui prouve que l'alcali se trouvait à-peu-près dans la proportion convenable pour la saturation de l'acide phosphorique, et former un sous-phosphate; car si la quantité d'alcali eût été notablement excédente, il n'aurait pas manqué de dissoudre du manganèse et de colorer en vert l'eau qui a servi à laver. Je ferai observer, à cet égard, qu'il y a de l'avantage à n'employer, pour la décomposition de ce phosphate, que la quantité d'alcali nécessaire pour saturer l'acide phosphorique; autrement il y aurait dissolution du manganèse, dont on a toujours beaucoup de peine à se débarrasser dans la suite des opérations. Après avoir mis quelques gouttes d'acide nitrique dans le liquide pour le neutraliser complètement, je l'ai précipité par l'acétate de plomb; le précipité, lavé et séché, pesait 4 grammes 77 cent. Il se fondait aisément, à la flamme du chalumeau, en un globule qui devenait opaque et cristallisait en refroidissant.

Cette quantité de phosphate de plomb est évidemment trop grande; car, en supposant que ce sel contienne le quart de son poids d'acide, elle porterait celle du minéral dont il s'agit à 58. Mais il est plus vraisemblable qu'il ne contient que le cinquième de son poids d'acide, au moins cette proportion cadrerait mieux avec les autres résultats; ce phosphate de plomb produisait en effet une effervescence marquée en se dissolvant dans l'acide nitrique. Il est donc prudent, avant de décomposer ce sel pour connaître la quantité d'acide qu'il contient, de le calciner au rouge, afin de ne point attribuer à l'acide phosphorique la portion qui appartient à l'acide carbonique.

Quatrième Expérience.

Deux grammes du minéral analysés par les procédés ci-dessus, au moyen de l'alcali, ont donné, 1° 71 centigrammes de peroxide de fer; 2° 33 centigr. de peroxide de manganèse; 3° 3,16 gr. de phospbate de baryte, qui, suivant les proportions établies, contiennent 99 centigr. d'acide; ce qui donné 49,5 pour cent.

Ce même phosphate, décomposé par l'acide sulfurique, a fourni 3,28 gr. de sulfate de baryte, qui renferment 2,16 gr. de baryte, lesquels, retranchés de 3,16 de phosphate, laissent justement un gramme dont la division en 2 égale 50.

Sur 100 parties :

Fer,	35,5;
Manganèse,	16,5;
Acide,	48.

Mais comme il y a $2\frac{1}{2}$ de terre qui reste avec le fer, l'acide phosphorique doit être augmenté de 2 cent., et le fer diminué de la même quantité. Ainsi le manganèse est dans cette combinaison comme 1, le fer comme 2, et l'acide phosphorique comme 4.

Voilà donc deux expériences qui s'accordent pour établir la proportion d'acide dans le phosphate de fer et de manganèse à un pour un de base.

En rassemblant les quantités de fer et de manganèse, nous trouvons une somme de 50,75, et cependant nous n'y comprenons pas les 5 d'eau et les 2,5 de terre : cette dernière, il est vrai, reste pour la plus grande partie avec le fer. Ainsi la quantité d'acide est un peu

aussitôt dans le mélange de l'acide hydrochlorique et du chlore, et si l'on fait chauffer, le chlorure sera bientôt changé en nitrate de soude. En faisant l'expérience inverse, c'est-à-dire, en traitant le nitrate de soude par l'acide hydrochlorique en excès, on le convertira en chlorure de sodium. Ces décompositions réciproques sont très-faciles, et on peut, en transformant deux nitrates en chlorures, déterminer la proportion dans laquelle ils étaient mélangés : on n'a besoin que de connaître le poids des deux nitrates et des deux chlorures, et le poids atomistique de chaque sel. Tous les chlorures ne sont pas décomposés par l'acide nitrique avec la même facilité; celui d'argent, qui est complètement insoluble dans l'eau et les acides, n'est point attaqué, et celui de calcium l'est plus difficilement que ceux de potassium et de sodium. Mais il faut aussi remarquer que nous comparons ici des composés (des chlorures et des nitrates) qui ne sont point analogues, et qu'on ne peut appliquer la loi dont nous avons parlé qu'en supposant que les chlorures restent indifféremment, dans les dissolutions, à l'état de chlorures ou à celui d'hydrochlorates, ce qui n'est pas toujours le cas.

L'acide sulfurique, à une température ordinaire, sépare en partie l'acide borique et l'acide arsénique de leurs combinaisons; mais à une température élevée, il est au contraire chassé par ces mêmes acides.

L'acide nitrique et l'acide hydrochlorique décomposent les fluorures; et, à son tour, l'acide hydrofluorique décompose les nitrates et les chlorures.

L'acide acétique décompose plusieurs chlorures, et réciproquement l'acide hydrochlorique décompose les

acétates. Beaucoup d'autres acides végétaux, et particulièrement l'acide lactique, présentent des phénomènes analogues.

Les gaz solubles dans l'eau, et qui s'en séparent dans le vide, sont tous chassés de ce liquide par un autre gaz qu'on y fait passer en excès.

On pourrait citer une foule d'autres faits semblables; mais nous nous bornerons à rappeler la décomposition des hydrosulfates par l'acide carbonique et celle des carbonates par l'acide hydrosulfurique, sur lesquelles M. Henry fils vient de faire un travail très-long pour démontrer ce que la simple réflexion lui eût révélé sans peine, en partant des lois établies par Berthollet.

Le bi-carbonate de potasse, par exemple, exposé en dissolution au contact de l'air, perd une portion de son acide et acquiert la propriété de précipiter le sulfate de magnésie. Si l'on y fait passer un courant de gaz hydrosulfurique, dont les propriétés acides sont, comme on sait, à-peu-près les mêmes que celles de l'acide carbonique, il y aura nécessairement une portion d'acide carbonique qui deviendra libre; et comme elle sera entraînée à mesure par le courant de gaz hydrosulfurique, le bi-carbonate restant sera toujours dans les mêmes circonstances de décomposition, et, de proche en proche, celle-ci deviendra complète.

De même, en faisant passer un courant de gaz carbonique dans un bi-hydrosulfate, celui-ci sera décomposé partiellement, et l'acide hydrosulfurique mis à nu étant entraîné par le courant d'acide carbonique, la décomposition de l'hydrosulfate sera successive et s'achèvera entièrement.

Il faut remarquer que ces décompositions exigent une quantité d'acide de beaucoup plus grande que celle qui serait nécessaire pour saturer la base; car l'acide éliminé ne peut s'échapper de la dissolution qu'à la faveur d'un grand excès de l'acide qui a pris sa place, d'après la théorie des vapeurs.

Il faut remarquer encore que si le carbonate et l'hydrosulfate n'étaient pas à l'état de bi-sels, ils ne commenceraient l'un et l'autre à laisser dégager leur acide que lorsqu'ils seraient parvenus à ce dernier état. M. Henry a observé que les carbonates insolubles n'éprouvaient qu'une très-faible décomposition de la part de l'acide hydrosulfurique, et il est très-aisé de le concevoir; mais ce qui ne l'est pas autant, c'est que les carbonates, suivant le même observateur, sont décomposés plus difficilement par l'acide hydrosulfurique, que les hydrosulfates par l'acide carbonique.

ANALYSE *de l'*Hétépozite, *minéral envoyé, sous cette dénomination, par M.* Alluau *aîné, du département de la Haute-Vienne* (1).

PAR M. VAUQUELIN.

PARMI les morceaux qui faisaient partie de l'envoi de ce minéral, il y en avait de tendres et de durs. Les premiers donnent une poudre d'un beau violet d'évêque; les autres une poudre tantôt grise et tantôt jaunâtre.

(1) L'hétépozite se trouve aux Hureaux, commune de Saint-Sylvestre, Haute-Vienne.

Ces fragmens, quoique différens en couleur et en dureté, paraissent cependant de la même nature; car ils fondent au chalumeau avec la même facilité et les mêmes phénomènes. Il résulte de leur fusion un globule noir, tantôt lisse à sa surface, tantôt hérissé de petites végétations.

La poudre de la variété violette exposée à une chaleur rouge perd 5 centièmes de son poids, et prend une couleur jaune-verdâtre, absolument semblable à la variété de phosphate vert-olive dont nous avons parlé ailleurs. En examinant attentivement les morceaux du minéral violet, l'on y remarque, en effet, quelques points d'une matière verdâtre cristallisée en aiguilles rayonnées.

La pesanteur spécifique de ce minéral, prise sur un fragment pesant 6 grammes, s'est trouvée de 3 et une légère fraction.

Première Expérience.

Deux grammes de la variété violette, purgée, autant que possible, de corps étrangers, soumis à l'action de l'acide muriatique, paraissent se dissoudre en partie: le liquide prend une couleur brune; mais si l'on y met de l'eau, la portion de matière dissoute se précipite avec sa couleur violette. A l'aide de la chaleur, la dissolution s'opère complètement; il se développe du chlore, et l'acide se colore en rouge bruu, qui passe au jaune clair par l'addition de l'eau; il ne reste que 5 centigrammes de matière blanche qui m'a paru n'être que de la silice.

La production du chlore semble annoncer qu'une petite quantité de peroxide de manganèse est, dans ce minéral, à l'état de liberté; et la couleur violette qu'il présente donne de la vraisemblance à cette opinion.

ryte. Cette quantité, retranchée de 3,34, laisse 1 gramme pour l'acide phosphorique.

La portion du minéral restée en dissolution dans l'acide nitrique est donc composée, 1° d'acide phosphorique 1,24 gr.; 2° de peroxide de manganèse 1,34 gr.; 3° de peroxide de fer 0,34 gr. = 2,92 gr., auxquels ajoutant les produits de la portion du même minéral précipitée pendant l'évaporation de la dissolution nitrique, savoir: 1° acide phosphorique 0,37 gr.; 2° de peroxide de fer 0,20 gr.; 3°. de peroxide de manganèse 0,32 gr. = 0,89 gr.; nous avons une somme de 3,81 gr.: d'où il suit qu'il y a 1,19 gr. de moins; mais il faut ajouter 20 centièmes d'eau, qui, sur 5 grammes, font 1 gram.; plus les 35 centigr. de la portion violette et les 0,15 gr. de poudre grise qui n'ont point été dissous par l'acide nitrique, et qui étaient encore des phosphates; nous avons alors 31 centig. de trop qui peuvent être attribués à la sur-oxidation du manganèse.

La séparation du phosphate de fer d'avec le phosphate de manganèse, opérée pendant l'évaporation de leur dissolution dans l'acide nitrique, paraît annoncer que l'huraulite est un mélange de ces deux sels, à moins de supposer que l'affinité de l'acide nitrique, plus forte pour le phosphate de manganèse, ait suffi pour les séparer. Je dois rappeler cependant qu'il restait en dissolution dans l'acide nitrique quelques portions de phosphate de fer, et que le phosphate de fer qui s'est précipité retenait une grande quantité de phosphate de manganèse, quoique je l'eusse lavé avant de l'analyser.

Il résulte de l'analyse de ces deux portions de minéral, 1° que le rapport de l'acide phosphorique aux

bases dans la partie déposée pendant l'évaporation de la dissolution nitrique est de 41,573 à 58,427 ; 2° que celui entre l'acide et les bases, dans la portion du minéral restée en dissolution dans l'acide nitrique, est comme 42,132 à 57,877, différence qui est peu de chose ; 3° que le rapport du manganèse au fer, dans la portion du minéral restée en dissolution, est comme 84,81 à 15,19 ; 4° que celui du manganèse au fer, dans la portion précipitée, est de 61,54 à 34,46 ; 5° que de là il résulte que l'acide phosphorique a la même capacité de saturation pour le fer que pour le manganèse ; car, quoique ces deux portions d'huraulite contiennent des quantités très-différentes de fer et de manganèse, cependant la proportion d'acide est sensiblement la même ; 6° enfin, que, terme moyen, le minéral est composé,

1°. De bases (fer et manganèse),	47,2 ;
2°. D'acide phosphorique,	32,8 ;
3°. D'eau,	20.
	100,0.

ESSAI *chimique sur la Coque du Levant* (Menispermum-coculus).

PAR Mr J.-L. CASASECA,
Licencié ès-sciences de la Faculté de Paris.

M. BOULLAY a fait une étude particulière de cette coque. Les principaux résultats qu'il a obtenus dans son premier travail sont (1) : 1° que la capsule ligneuse ne

(1) Deuxième thèse soutenue devant la Faculté des Sciences en 1818.

contient que du ligneux et un principe vomitif jaune; 2° que la semence du *menispermum-coculus*, débarrassée de son péricarpe ligneux, contient environ moitié de son poids d'une huile fixe concrète ou céracée; une matière albumineuse; une partie colorante jaune; 0,2 environ d'un principe amer, vénéneux, cristallisable; 0,5 de matière fibreuse; un acide végétal qu'il avait d'abord qualifié d'acide malique; et enfin, du sulfate et de l'hydrochlorate de potasse, une petite quantité de phosphate de chaux, de silice et de fer. Depuis ce travail, M. Boullay a cru devoir considérer ce qu'il avait appelé *acide malique* comme un acide nouveau qu'il a nommé *ménispermique*, et le principe vénéneux comme une véritable base salifiable végétale qui, à cause de son extrême amertume, a reçu du même chimiste le nom de *picrotoxine*.

M. Thenard, dans son *Traité de Chimie*, manifeste des doutes sur l'existence de l'acide ménispermique; il pense également que de nouvelles expériences deviendraient nécessaires pour faire admettre définitivement le principe amer comme nouvelle base salifiable végétale. Dans cette indécision, j'ai entrepris de répéter les expériences de M. Boullay et de les varier, dans le seul but de fixer mon opinion sur ce point, et de m'assurer de l'existence ou de l'absence, dans la coque du Levant, de l'acide ménispermique et de la nouvelle base salifiable végétale dont il est question.

M. Boullay a suivi deux procédés pour se procurer l'acide ménispermique; le premier consiste à précipiter par l'acétate de plomb la décoction de coques du Levant mondées, et à faire passer à travers ce précipité bien

lavé un courant de gaz hydrogène sulfuré. L'acide ainsi obtenu était coloré et encore amer, et formait selon lui avec le plomb des sels solubles dans l'acide acétique. J'ai répété cette expérience; mais l'acide que j'ai obtenu ne formait pas avec le plomb des sels en entier solubles dans l'acide acétique; ce que l'on devait prévoir, puisque, d'après M. Boullay même, il y a dans la coque du Levant du sulfate de potasse qui a dû fournir, par l'acétate de plomb, du sulfate de plomb, lequel, dans sa décomposition par l'hydrogène sulfuré, a abandonné son acide sulfurique à la liqueur supposée contenir l'acide ménispermique.

Le second procédé qu'a employé M. Boullay pour se procurer l'acide ménispermique consiste à précipiter la décoction de coque du Levant par le nitrate de baryte; à laver le précipité avec de l'alcool pour le décolorer, et, après l'avoir desséché, à le décomposer en le traitant avec un poids égal d'acide sulfurique, mêlé de moitié d'eau. J'ai répété cette expérience, et j'ai obtenu un liquide très-acide, coloré et amer, contenant beaucoup d'acide sulfurique; ce que l'on devait prévoir, car la quantité d'acide sulfurique employée est beaucoup trop grande, et le précipité fourni par le nitrate de baryte contient une quantité notable de matière animale et de sulfate de baryte.

Il résulte des expériences de M. Boullay que l'acide qu'il a obtenu devait toujours contenir de l'acide sulfurique, dont il était difficile de le débarrasser sans introduire un autre acide, puisque, selon M. Boullay, l'acide ménispermique précipite le nitrate de baryte. J'ai donc cherché un procédé pour l'obtenir exempt de cou-

leur, d'amertume et d'acide sulfurique; trois causes suffisantes pour faire attribuer à l'acide ménispermique des propriétés que peut-être il n'avait pas.

Voici le procédé que j'ai suivi : j'ai fait avec l'eau distillée une forte décoction de coques du Levant simplement concassées; j'ai filtré, puis évaporé jusqu'à consistance d'extrait, ayant soin d'enlever autant que possible la matière grasse (1) qui apparaissait à la surface du liquide.

L'extrait ainsi obtenu a été épuisé à chaud par l'alcool du commerce, qui s'est chargé de toute la matière amère, et a laissé indissoute une matière brunâtre que nous examinerons plus tard.

La liqueur alcoolique était très-amère et assez colorée; elle devait sans doute contenir aussi le ménispermate de picrotoxine, puisque la matière insoluble ne conservait plus d'amertume. Cette liqueur a été évaporée avec soin pour chasser l'alcool. Eprouvée, vers le milieu de l'opération, par le papier de tournesol, elle a donné des marques sensibles d'acidité, et vers la fin de l'opération il s'est rassemblé à sa surface des gouttelettes d'une matière grasse verdâtre. Lorsque tout l'alcool a été évaporé et que la matière eut acquis une consistance d'extrait, j'ai séparé avec soin cette matière grasse; elle rougissait fortement le tournesol; elle était composée d'un mélange d'acides oléique et margarique. J'ai traité la partie extractive par l'eau distillée bouillante qui a tout dissous.

---

(1) Cette matière a été l'objet d'un travail particulier qui m'est commun avec mon ami M. Lecanu.

Cette dissolution aqueuse n'était pas acide : convenablement concentrée, elle a été précipitée par le nitrate de plomb; ce précipité était peu considérable et gélatineux : comme il était soluble dans une suffisante quantité d'eau, j'ai eu soin, dans la précipitation, de m'arrêter lorsque la dissolution aqueuse ne donnait plus qu'un léger précipité par l'addition du nitrate; j'ai par ce moyen diminué les lavages qui auraient dissous en partie le précipité.

Ce précipité, mis en suspension dans l'eau distillée, a été exposé pendant deux heures à l'action continue d'un courant de gaz hydrogène sulfuré; la liqueur filtrée par du papier joseph lavé à l'acide hydrochlorique et à l'eau distillée, était encore un peu colorée; je l'ai traité par du charbon animal parfaitement purifié, et en filtrant avec les mêmes précautions, j'ai obtenu un liquide totalement incolore, nullement amer ni acide au goût, sans saveur, en un mot, et ne donnant que de faibles marques d'acidité par le tournesol. Je n'y ai rien trouvé que de l'acide hydrochlorique; en outre, ce liquide, évaporé dans une capsule en verre, n'a laissé aucun résidu.

Il me semble que cette expérience prouve d'une manière incontestable que l'acide ménispermique n'existe pas. Dès-lors, j'ai lieu de croire que les effets que M. Boullay attribue au nouvel acide végétal, qu'il dit avoir obtenu, pourraient bien être un mélange de l'acide sulfurique existant dans la liqueur acide qu'il a retirée de la coque du Levant, et de la matière particulière insoluble dans l'alcool que j'ai obtenue.

Pour m'en assurer, j'ai fait une eau acidulée avec l'acide sulfurique, je l'ai fait bouillir avec un excès de

cette matière insoluble dans l'alcool, et j'ai filtré. Cette liqueur colorée et fortement acide formait, avec les différens réactifs, des précipités analogues à ceux qu'indique M. Boullay ; elle jouissait, en un mot, de presque toutes les propriétés qu'il a assignées à l'acide ménispermique; ce qui expliquerait encore pourquoi l'acide ménispermique n'est pas converti en acide oxalique par l'acide nitrique.

La matière insoluble dans l'alcool dont j'ai parlé a été traitée par l'eau bouillante; la liqueur filtrée a laissé sur le filtre une matière brune qui était insoluble dans les acides, et qui, dans la décomposition par le feu, a dégagé beaucoup d'ammoniaque : c'est la matière végéto - animale albumineuse de M. Boullay, qui sans doute se trouve dissoute dans la décoction primitive de coques du Levant, à la faveur de la matière amère, et peut-être aussi à la faveur des matières grasses.

La liqueur filtrée a fourni, par le nitrate de baryte, un précipité brunâtre; ce précipité, bien lavé, puis calciné dans un creuset de platine, s'est charbonné fortement et a dégagé de l'ammoniaque. Le résidu, traité par un grand excès d'acide nitrique étendu, a produit une vive effervescence due à de l'acide carbonique; il s'est dégagé en même temps une odeur sensible d'hydrogène sulfuré; il est resté, malgré l'excès d'acide, une quantité considérable d'une poudre blanche que j'ai reconnue être du sulfate de baryte : d'où je conclus que ce précipité qui, à l'amertume près, est le même que celui qu'on obtient en décomposant la décoction de coques du Levant par le nitrate de baryte, paraît composé de matière animale, de baryte et de sulfate de baryte.

Enfin, une partie de la matière insoluble dans l'alcool a été calcinée et incinérée dans un creuset de platine : le résidu était jaunâtre, couleur due au fer contenu dans la matière. Ce résidu, traité par l'eau distillée, communiqua à celle-ci un goût fortement alcalin : la liqueur a été traitée successivement par l'acide nitrique, le nitrate de baryte, le nitrate d'argent et l'hydrochlorate de platine, qui y ont démontré l'existence du sous-carbonate, du sulfate et de l'hydrochlorate de potasse ; la matière insoluble dans l'eau, contenait du fer, de la silice, du phosphate et du carbonate de chaux.

Par conséquent, la matière insoluble dans l'alcool contient :

1°. Une matière animale ;
2°. Une matière colorante ;
3°. Du fer ;
4°. De la silice ;
5°. Du sulfate de potasse ;
6°. De l'hydrochlorate de potasse ;
7°. Du phosphate de chaux ;
8°. Des sels de potasse et de chaux, formés par des acides végétaux, décomposables par la chaleur.

J'ai cherché à préparer la picrotoxine ; et pour cela, après avoir évaporé la décoction de coques du Levant en consistance d'extrait, j'ai épuisé celui-ci à chaud par l'alcool de commerce, j'ai décanté et obtenu ainsi cette matière insoluble que je viens d'examiner.

La liqueur alcoolique a été évaporée en consistance d'extrait, ayant soin, comme il a été dit ailleurs, d'en séparer les deux acides gras qui surnagent à la surface du liquide vers la fin de l'opération. L'extrait alcoolique

a été abandonné à lui-même pendant vingt-quatre heures en contact avec un excès de magnésie, puis traité par l'alcool absolu; et par l'évaporation de la liqueur alcoolique, j'ai obtenu une matière extractive colorée, assez amère, que j'ai mise sur un morceau de papier joseph sous lequel j'en avais placé un autre d'égale dimension, imbibé d'eau; la matière sirupeuse s'étant infiltrée à travers le papier, a abandonné à la surface de celui-ci de très-petits cristaux excessivement amers.

Ces cristaux, que je considère comme la picrotoxine de M. Boullay, ont été lavés, puis dissous dans l'alcool. La dissolution alcoolique n'a donné aucun signe d'alcalinité par les papiers réactifs. A peine soluble dans l'acide sulfurique affaibli, cette matière n'en a pu saturer la moindre quantité, quoiqu'employée en grand excès. Si l'on considère d'ailleurs que les bases salifiables végétales n'ont été rencontrées jusqu'ici dans la nature que unies à des acides végétaux; que M. Boullay, dans son travail, suppose même que la picrotoxine se rencontre dans la coque du Levant à l'état de sur-ménispermate, on pourra conclure, ce me semble, l'acide ménispermique n'existant pas, que la picrotoxine n'est pas une nouvelle base salsifiable végétale, mais bien un principe amer particulier, comme M. Boullay l'avait annoncé dans son premier travail.

On peut conclure des expériences ci-dessus:

1o. Que l'acide ménispermique n'existe pas;

2o. Que les propriétés attribuées à l'acide ménispermique, et qui l'ont fait regarder par M. Boullay comme un nouvel acide végétal, sont dues au mélange de l'acide sulfurique (qui reste toujours dans la liqueur acide obtenue par son procédé) avec une matière organique particulière;

3°. Que la picrotoxine ne jouit pas des propriétés alcalines et ne doit pas être considérée comme une nouvelle base salifiable végétale, mais bien comme un principe amer particulier, ainsi que M. Boullay l'avait annoncé dans son premier travail.

ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 5 septembre 1825.

M. LE ROY (d'Etioles) écrit que M. Civiale n'est pas fondé à s'attribuer l'invention du procédé lithontriptique. M. Amussat, de son côté, déclare, dans une lettre adressée au Président, qu'il a annoncé avant M. Civiale la possibilité de construire des instrumens propres à broyer la pierre dans la vessie. Ces réclamations seront examinées.

MM. Sarmetaine, Flori et Remonet, médecins de Marseille, expriment l'intention de se réunir à MM. Lassis, Costa et Lasserre, dans toutes les expériences qu'on jugera à propos de tenter, pour s'assurer de la contagion de la fièvre jaune.

M. Belin de La Réal adresse un Supplément à sa Dissertation *sur les Moyens de conserver l'eau douce à bord des bâtimens.*

M. Vène, capitaine du Génie, envoie un Mémoire *sur les Fonctions circulaires.* Son objet est de compléter le théorême de Moivre.

En présentant un Mémoire de M. Roulin, médecin à

Bogota, *sur les Goîtres*, M. Magendie, qui vient de parcourir les Pyrénées, annonce que cette maladie y est moins fréquente qu'autrefois. Cette amélioration, suivant lui, tient à l'accroissement de richesse des habitans, à l'extension que la culture des céréales a reçue et à la meilleure construction des maisons. M. Mongez dit à ce sujet que M. Fabroni avait cru remarquer que les seules vallées granitiques des Pyrénées étaient exemptes de goîtreux.

Fermat a donné, dans ses œuvres, mais sans démonstration, le théorème dont voici l'énoncé : « Il est impossible de trouver une puissance du degré *m*, équivalente à la somme de deux puissances du même degré, toutes les fois que *m* surpasse 2. » Il résulte du rapport fait aujourd'hui à l'Académie sur un Mémoire présenté par M. Bérard, que ce théorème reste encore à démontrer.

Séance du lundi 12 septembre.

L'Académie a reçu : un Mémoire de M. Blanc *sur une nouvelle Machine hydraulique*; une Flore manuscrite des îles Molouines, par M. Durville; et un écrit de M. Girault *sur les Mortiers hydrauliques*.

M. Ampère lit les Mémoires qui ont paru dans les Cahiers d'août et de septembre.

MM. Desfontaines et Labillardière font un rapport très-favorable sur le travail de M. Adrien de Jussieu *concernant la famille des Rutacés*.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire commence la lecture de son Mémoire *sur les Animaux qui respirent dans l'air et sous l'eau*. Il présente un individu de l'espèce du *birgus*-

latro, dans lequel il y a, entre les branchies, des organes que M. Geoffroy regarde comme des poumons.

MM. Lacroix et Mathieu font un rapport verbal sur une nouvelle mappemonde de M. Lowry, graveur à Londres.

Séance du lundi 19 *septembre.*

L'Académie reçoit un projet d'horloge économique, par M. Vernier.

M. Boscary présente un instrument dont il avait déjà soumis la description, et que depuis il a fait exécuter.

La Section de Physique fait un rapport relatif à des difficultés qu'on avait cru apercevoir à Metz, au sujet du paratonnerre qui doit être établi sur la flèche de la cathédrale.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *D'un Organe respiratoire aérien* (*poumon*), *ajouté dans les crustacés à l'organe respiraroire aquatique* (*branchies*) ; *de l'isolement et de la situation respective de ces deux organes dans le* birgus-latro ; *enfin du volume que prend le poumon des crustacés.*

M. Foulhioux lit un Mémoire *sur une Loi à laquelle se conforment les artères et les nerfs dans leurs rapports respectifs.*

M. Costa communique les observations qu'il a faites, à Saint-Laurent de Cerda, sur le typhus épidémique qui a ravagé cette commune pendant six mois en 1823.

Séance du lundi 26 *septembre.*

M. de Rossel fait un rapport verbal *sur l'Abrégé élémentaire de géographie-physique* de M. Ohier de Grand-Pré.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire présente plusieurs individus vivans du crabe vulgaire (*Monas*), et explique ensuite le jeu des parties qui, suivant lui, respirent l'air élastique en nature.

M. Dupuytren, au nom d'une Commission, lit la première partie d'un rapport concernant divers Mémoires présentés par MM. Costa, Lasserre et Lassis, *sur la non-contagion de la fièvre jaune.*

M. Civiale lit la seconde partie de son Mémoire *sur l'Invention et l'emploi de l'instrument, appelé* lithontripteur, *qui sert à briser la pierre dans la vessie.*

Séance du lundi 3 *octobre.*

M. Féburier rappelle des expériences qu'il a faites anciennement sur l'électricité des gaz, et qui lui paraissent rentrer en partie dans celles dont M. Pouillet a entretenu l'Académie. (Nous attendons le rapport des commissaires pour faire connaître le travail de ce dernier physicien.)

M. Gemmelaro adresse un Mémoire *sur le Sol de l'Etna*, et divers échantillons des minéraux qu'on y trouve.

M. Civiale achève la lecture de son Mémoire *sur les Lithontripteurs.*

MM. Quoy et Gaymard lisent des Remarques zoologiques sur les polypiers, faites dans la baie de Coupang, à Timor, et sur les rivages de Guam, aux Mariannes.

M. Audouard commence la lecture d'un écrit intitulé: *Aperçus généraux sur l'Origine et la contagion de la fièvre jaune et de la peste.*

Séance du lundi 10 *octobre.*

M. Huygnal-Beaufond, de la Martinique, adresse un Mémoire *sur l'Application de la machine pneumatique à un moulin à sucre ordinaire.*

M. Lenoir fils, au nom de son père et au sien, présente un Mémoire *sur divers instrumens* qu'ils ont construits, et en particulier sur ceux qu'ils ont nommés *niveaux-cercles.*

M. Latreille fait un rapport verbal sur l'ouvrage du lieutenant-général Dejean, intitulé : *Species général des Coléoptères* de la collection de l'auteur.

M. Dulong lit un Mémoire intitulé : *Recherches sur les Pouvoirs réfringens des fluides élastiques.* (Nous espérons être bientôt en mesure de faire connaître cet important Mémoire.)

Séance du lundi 17 *octobre.*

MM. Costa et Lasserre adressent une Note *sur le Liquide que M. Magendie a découvert dans le canal rachidien.*

M. Bitterlin annonce qu'il possède du flint-glass très-parfait.

M. Damoiseau lit une Note *sur la Comète à courte période.*

MM. Dupetit-Thouars et Labillardière font un rapport sur le Mémoire de M. Gaudichaud concernant le *Cycas circinalis.*

Cet arbre, qui se trouve abondamment aux Moluques et à la Nouvelle-Irlande, a une telle force de

reproduction que non-seulement des troncs entiers coupés au-dessus des racines, desséchés et enfoncés de 5 à 6 pouces en terre, reprennent comme des boutures, mais encore qu'il suffit d'une simple rondelle coupée sur de jeunes pousses pour donner naissance à de nouveaux *cycas*. La pulpe du fruit est douée d'une saveur agréable, mais très-astringente. On peut retirer de la partie médullaire une fécule à-peu-près semblable au sagou. L'amande du fruit est très-amère : c'est un vomitif très-puissant. Les individus femelles du *cycas* sécrètent une grande quantité de gomme douée de propriétés analogues à celles de la gomme adragant.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire *sur un Fétus né à terme, blessé dans le troisième mois de son âge, et devenu monstrueux à la suite d'une tentative d'avortement.*

Séance du lundi 24 octobre.

M. Mirbel fait un rapport très-favorable sur la Flore des îles Malouines de M. Durville.

M. Thenard lit un Rapport sur une nouvelle analyse du *fer résinite*, par M. Laugier. (*Voyez* plus bas, page 325.)

M. Geoffroy-Saint-Hilaire présente l'analyse d'un Mémoire *sur la Structure, la composition et les usages de l'appareil olfactif dans les poissons, et spécialement dans le congre.*

M. de Grand-Pré donne la description d'un nouveau moyen qu'il a imaginé pour sonder aux plus grandes profondeurs de l'Océan.

M. Audouard achève la lecture de son Mémoire *sur la Peste et la Fièvre jaune.*

Séance du lundi 31 octobre.

M. Serres adresse un ouvrage manuscrit sur les monstruosités animales.

M. de Saint-Cricq demande l'avis de l'Académie sur l'emploi du sulfate de soude dans les verreries, et sur les moyens par lesquels l'Administration pourrait le favoriser.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit le Mémoire dont il avait présenté le résumé dans la précédente séance.

M. Lassis lit des Remarques sur les Mémoires de M. Ségaud de Marseille et de M. Audouard, concernant la contagion de la fièvre jaune et de la peste.

Lettre *de M.* Colin *à M.* Gay-Lussac.

Versailles, 23 novembre 1825.

« Je vous demande la permission de vous entretenir d'observations chimiques, dont quelques-unes intéressent les arts, et dont quelques autres me paraissent avoir rapport aux phénomènes physiologiques.

» J'ai prouvé, dans la suite d'expériences que j'ai faites sur les savons, et qui ont été imprimées en 1816 dans le troisième volume de ce Recueil, que le sel mis en quantité convenable avait la propriété de les précipiter, en les durcissant jusqu'à les rendre friables, et que le savon, ainsi précipité, exigeait une nouvelle quantité d'alcali caustique, pour se redissoudre. Ainsi, disais-je, il faut prendre garde de le durcir trop,

de crainte que les eaux sur lesquelles il surnage ne retiennent de l'alcali en pure perte. L'insolubilité que les savons contractent en cette circonstance vient d'être constatée aussi par M. Vauquelin, qui, dans une Note présentée à l'Académie de Médecine, a fait voir en outre qu'une dissolution de sel marin fort peu concentrée pouvait encore produire un effet anologue. Il prétend même établir par là que ce n'est pas l'affinité du sel pour l'eau qui détermine cette séparation ; je suis aussi porté à le croire : les précipités salins obtenus par la réaction mutuelle de deux sels sont en effet moins solubles que ces sels eux-mêmes. Or, M. Chevreul ayant prouvé que les savons sont des substances salines, on conçoit qu'ils pourraient contracter avec le sel marin une union qui leur ferait perdre leur solubilité. Je tiens de M. Robiquet que les briques de savon plongées dans une eau salée augmentent de poids, et font baisser le degré de salure de la dissolution; et comme on sait d'ailleurs que l'action de l'eau suffit souvent pour séparer un sel en deux portions, dont l'une est acide et l'autre alcaline, ce qui arrive aux savons eux-mêmes, puisque c'est ainsi que M. Chevreul en sépare la matière nacrée, on conçoit aussi que l'intervention d'une troisième substance, fût-elle faible, puisse modifier cette séparation et la rendre encore plus marquée.

» M. Vauquelin tire de là cette conclusion, que jamais l'eau de mer ne pourra servir convenablement au savonnage, et que c'est une erreur de croire que certains savons anglais sont plus propres que les nôtres aux usages de la marine. Il propose de recourir en mer à quelques végétaux mucilagineux pour remplacer le savon, ainsi

que cela se pratique sur terre dans certains pays. Ajoutons que dans ces derniers temps on a proposé la pomme de terre pour remplir cet objet. L'on prétend même que le procédé est bon : il est aisé de le vérifier. Toutes les matières alimentaires ont en effet la propriété d'absorber les graisses, etc. (ainsi que cela se voit dans la préparation de nos alimens.) Il serait facile ensuite de substituer à la pomme de terre des racines presque inutiles, tels que la brione, ou des fruits tels que le marron d'Inde, etc. En partant de ce principe, on pourrait même mêler à ces substances une certaine dose de sous-carbonate de soude ou de potasse, et il est probable qu'on parviendrait ainsi au but désiré.

» Je me rappelle avoir eu autrefois à ma disposition un petit échantillon d'un savon d'origine anglaise, et qui, dit-on, servait aux gens de mer ; mais il s'est comporté comme les nôtres avec le chlorure de calcium, et même avec le chlorure de sodium.

» Je profite de cette lettre pour vous parler de deux observations qui se rattachent à la découverte faite par M. Vauquelin dans les eaux de Vichy, et qui ont probablement aussi quelque rapport à l'histoire de la substance de nature animale que M. de Lonchamp a trouvée dans les eaux minérales, et à laquelle il a donné le nom de *barrégine*.

» J'ai essayé l'albumine par divers acides, dans le cours de mes expériences sur la fermentation, et j'ai trouvé qu'elle prenait une couleur bleue lorsque je la faisais digérer à une assez douce chaleur avec du sucre, de l'eau et de l'acide camphorique : il est peut-être nécessaire d'ajouter que la chaleur avait été un instant assez forte pour coaguler une partie de l'albumine. J'ai également

obtenu des couleurs bleue, verte et rouge, en traitant ce principe immédiat par l'acide sulfurique étendu d'eau, faisant rapprocher la liqueur en gelée, puis la jetant sur un filtre où je l'ai tenue assez long-temps en lavage. Au bout de plusieurs jours, une portion du filtre était manifestement teinte en bleu; d'autres parties présentaient çà et là des points rouges, et d'autres encore quelques portions verdâtres. Enfin, une solution aqueuse d'albumine, que j'avais précipitée par l'acide hydrochlorique et laissée sur un filtre où je l'avais lavée, présentait une substance d'un beau rouge. On peut aussi produire celle-ci à volonté avec l'acide sulfurique et la matière animale dont nous étudions les modifications. M. Frémy, avec lequel je m'entretenais de ce fait, me montra une liqueur rouge qu'il avait obtenue en traitant l'albumine par le même acide. Les faits, si je ne me trompe, concourent à établir la possibilité de reproduire la matière animale trouvée dans les eaux de Vichy; car cette dernière a aussi la propriété de devenir bleue, et d'après M. Vauquelin, ses propriétés sont d'ailleurs celles de l'albumine. Ils me paraissent également propres à faire voir la possibilité de convertir la matière albumineuse dans la matière colorante du sang. Il est bien vrai que la substance rouge ainsi produite est insoluble; mais l'on sait que le traitement par les acides fait naître l'insolubilité dans celle du sang. Il serait convenable de poursuivre l'étude de ces phénomènes. Tels qu'ils sont, ils m'ont paru présenter quelqu'intérêt; si vous en jugez ainsi, je vous prie de vouloir bien les insérer dans les *Annales*. »

EXAMEN *chimique du Fer oxidé résinite de* Haüy, *trouvé aux environs de Freyberg.*

PAR M. LAUGIER.

(Lu à l'Académie des Sciences le 18 octobre 1824.) (1)

M. GILLET-LAUMOND, dans une Note insérée au *Journal des Mines*, n° 135, année 1808, fait mention d'une substance alors fort rare, trouvée dans le cabinet de Ferber, étiquetée de la main de ce minéralogiste, sous le nom de *fer piciforme*, de la mine de Kust, près de Freyberg.

M. Gillet-Laumond annonce, par la même Note, que M. Karsten, de Berlin, vient d'envoyer à M. Haüy un morceau de ce minéral, confondu tantôt avec la blende

---

(1) Il a été fait à l'Académie, sur le Mémoire de M. Laugier, un rapport dont nous croyons devoir rapporter ici le dernier paragraphe :

« Quand M. Laugier communiqua son travail à l'Académie, il ignorait que M. Stromeyer s'était, quelques mois » auparavant, occupé du même objet, et qu'il était arrivé » au même résultat, à quelques différences près dans les pro- » portions : c'est ce que l'on voit dans le tome VIII, page 337 » des *Annales des Mines*, 1823. Mais ne regardât-on le » travail de M. Laugier que comme une répétition de celui » de M. Stromeyer, il serait toujours intéressant en ce qu'il » confirme l'existence de l'acide arsénique dans le fer rési- » nite, et qu'il fixe d'une manière plus exacte la proportion » de ses élémens. »

Signé à la minute, THENARD ; VAUQUELIN, *Rapporteur*.

noire de Freyberg, tantôt avec l'urane oxidulé, et récemment par M. Werner avec le manganèse phosphaté.

Il ajoute que M. Karsten s'est aperçu que ce minéral n'appartenait à aucun des minéraux connus sous les dénominations indiquées, et que son soupçon a été confirmé par l'analyse que venait d'en faire le célèbre Klaproth, qui l'a trouvé composé de 67 parties d'oxide de fer, de 8 parties d'acide sulfurique sec et de 25 parties d'eau; résultat d'après lequel on a dû considérer ce minéral comme un sous-sulfate hydraté de fer.

Le même minéral de Freyberg, quoique encore peu répandu aujourd'hui parmi les minéralogistes, vient d'être adressé en assez grande quantité à M. Léman, qui a bien voulu m'en donner suffisamment pour en faire plusieurs analyses.

Les produits que j'en ai obtenus sont si différens de ceux annoncés par Klaproth, et par la nature des élémens qui composent ce minéral, et surtout par la proportion de ces élémens, qu'on serait tenté de croire que ce sont deux minéraux distincts, si la description des caractères physiques et la localité où ils se rencontrent ne semblaient établir entre eux une parfaite identité.

Or, des faits déjà exposés résulte le dilemme suivant:

Ou les deux minéraux examinés sont semblables, et dans ce cas, l'une des deux analyses est fautive, ou bien ces minéraux ne sont point les mêmes, et alors ils présentent assez de différences dans leur composition pour en faire deux espèces distinctes. Cette alternative, également importante pour les minéralogistes, m'a engagé à soumettre mes expériences à l'Académie.

Le minéral dont il s'agit a une couleur rouge-brunâtre;

il est translucide ; sa cassure est conchoïde, inégale ; il a l'aspect d'une résine : fragile comme elles sont ordinairement, il se réduit aisément en une poudre jaune ; caractères qui justifient la dénomination de fer oxidé résinite que lui avait provisoirement donnée le célèbre Haüy.

Distillé dans une cornue de verre, il a fourni de l'eau et de l'acide sulfurique, et n'a perdu dans cette opération que 20 centièmes de son poids.

Calciné fortement dans un creuset de platine, il a perdu bien davantage, et vers le milieu et à la fin de l'opération, on a obtenu une grande quantité d'acide sulfureux.

Lorsque ce minéral non calciné est pur et bien transparent, il se dissout également bien dans les acides hydrochlorique et nitrique, à l'aide d'une douce chaleur, et sans laisser de résidu appréciable.

L'ammoniaque forme dans sa dissolution, dans un des deux acides, un précipité abondant d'un rouge ferrugineux qui, par la dessiccation et la calcination, prend une couleur noirâtre, assez semblable au peroxide de fer mêlé d'oxide de manganèse.

La dissolution filtrée, sursaturée par un acide et bouillie, donne par l'hydrochlorate de baryte un précipité insoluble dans l'acide nitrique, et qui a tous les caractères du sulfate de baryte.

Le précipité ferrugineux dont j'ai parlé, fondu avec la potasse caustique, donne une couleur verte qui décèle la présence d'un peu de manganèse ; et lorsque, après l'action de l'alcali, le lavage et la calcination, on le pèse de nouveau, on voit qu'il a perdu plus du tiers de son poids.

En effet, si l'on sursature la dissolution alcaline avec de l'acide hydrochlorique, que l'on chauffe le mélange pour en dégager tout l'acide carbonique, que l'on sature de nouveau par l'ammoniaque, et que l'on y verse de l'eau de chaux, on obtient un abondant précipité floconneux, gélatineux, qui est formé de cette base et de l'acide enlevé par la potasse au prétendu oxide de fer : cet acide est de l'acide arsénique.

Plusieurs analyses faites par différens moyens m'ont constamment fourni les mêmes résultats.

Je ne rendrai compte que de celle de mes analyses dont le procédé m'a paru plus sûr, et en même temps plus simple que les autres.

1°. On calcine fortement 100 parties du minéral jusqu'à ce qu'il ne s'en dégage plus rien; par cette calcination, les 100 parties se réduisent à 55. La perte de 45 est évidemment due à de l'eau et à l'acide sulfurique provenant de la décomposition du sulfate de fer; il n'est pas à craindre qu'ici la perte soit diminuée par une suroxidation de l'oxide de fer contenu dans le minéral; car la couleur rouge-brune de celui-ci indique que ce métal n'y peut être qu'à l'état de peroxide. La quantité d'acide sulfurique, ainsi que plusieurs essais m'en ont convaincu, n'étant que de 14 centièmes, celle de l'eau s'élève au moins à 30 centièmes.

2°. On fond les 55 parties qui ont résisté à la calcination avec quatre fois leur poids d'hydrate de potasse; on dissout dans l'eau chaude la masse fondue, on lave avec soin la portion insoluble, on filtre, on sursature la dissolution alcaline par l'acide hydrochlorique, dont on enlève ensuite l'excès par l'évaporation à siccité. Cette

précaution m'a paru nécessaire afin de ne pas employer une grande quantité d'ammoniaque qu'exigerait la saturation de l'excès d'acide. J'ai observé, dans d'autres analyses, que plus on ajoutait d'ammoniaque à un mélange contenant de l'arséniate de potasse, et moins on obtenait d'arséniate de chaux, dont une partie restait en dissolution.

On évite cet inconvénient en chassant l'excès d'acide par la chaleur, en mêlant au résidu redissous dans l'eau une quantité d'hydrochlorate de chaux suffisante pour décomposer l'arséniate de potasse, et en ajoutant ensuite quelques gouttes d'ammoniaque pour saturer la portion d'acide qui aurait pu rester malgré la chaleur de l'évaporation.

En agissant de cette manière sur 100 parties du minéral, j'ai obtenu 30 parties d'arséniate de chaux, et 60 parties du même sel dans une autre expérience où j'avais agi sur 200 parties du même minéral.

Ces 30 parties d'arséniate de chaux représentent exactement 20 parties d'acide arsénique.

La portion des 55 parties que la potasse n'avait point attaquée, réduite à 35 parties, n'était plus que du peroxide de fer mêlé d'un peu d'oxide de manganèse. Ces 35 parties d'oxide de fer doivent se composer, 1° de la portion qui était combinée à l'acide sulfurique chassé par la chaleur; 2° de la portion qui saturait l'acide arsénique.

Pour ne laisser aucun doute sur l'existence de l'acide arsénique dans le minéral, j'ai distillé 30 parties de l'arséniate de chaux que j'en avais retiré avec un poids égal de charbon, et j'en ai obtenu de l'arsenic métalli-

que sublimé, que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie.

En supposant que ce minéral soit le même dont Klaproth a fait l'analyse, il est possible de concevoir qu'à l'époque déjà très-reculée où il s'en est occupé, et où on ne cherchait pas avec le même soin qu'on le fait aujourd'hui, les acides dans les substances minérales, l'acide arsénique lui ait échappé, et qu'il ait par conséquent pris de l'arséniate de fer pour du peroxide, auquel en effet il ressemble beaucoup, surtout quand il a été calciné.

N'avons-nous pas vu pendant long-temps les chimistes et les minéralogistes ranger parmi les oxides le minéral d'Autun, reconnu depuis peu pour un phosphate d'urane.

Mais ce qui semble inexplicable, c'est que ce chimiste ait porté à 67 centièmes la quantité du prétendu peroxide de fer, tandis que l'oxide combiné à l'acide arsénique dans le minéral de Freyberg, et réuni à celui qui y saturait l'acide sulfurique, n'en forme que les 55 centièmes.

Quoi qu'il en soit, le minéral des environs de Freyberg, qui m'a été remis par M. Léman, et que cet habile naturaliste regarde comme semblable, par ses caractères extérieurs et à cause de sa localité, à celui dont le célèbre Klaproth a publié l'analyse, renferme, indépendamment de l'acide sulfurique, de l'oxide de fer et de l'eau qu'il y a observés, une quantité très-notable d'acide arsénique et un peu de manganèse : toutes ces substances s'y trouvent dans les proportions suivantes :

Peroxide de fer,	35;
Acide arsénique,	20;
Acide sulfurique,	14;
Eau;	30.
	99.

On ne saurait donc considérer ce minéral comme un sous-deuto-sulfate de fer, mais plutôt comme une double combinaison de deuto-sulfate et de deuto-arséniate de fer hydratés.

D'après la composition des divers sulfates et arséniates de fer connus jusqu'à présent, il ne paraît point facile de déterminer exactement comment dans le minéral de Freyberg le peroxide de ce minéral est réparti entre les deux acides qui se trouvent avec lui; mais si, prenant le poids de l'atome de chacun des élémens qui composent ce minéral, et considérant celui de l'oxigène comme un, on multiplie le poids de ces atomes par 3, on a des produits qui ne s'éloignent pas beaucoup des résultats fournis par mon analyse.

D'après ce calcul, l'atome d'acide arsénique représenterait........................ 23,250 parties;

L'atome de l'acide sulfurique.....	15;
L'atome de peroxide de fer.......	30;
Et 9 atomes d'eau.............	30,375;
	98,625;

d'où l'on pourrait conclure que le minéral de Freyberg est composé de :

1 atome d'acide arsénique;
1 atome d'acide sulfurique;
1 atome de peroxide de fer;
et 9 atomes d'eau.

Observation *chimique sur un Calcul remarquable par sa grosseur, trouvé sur un âne, dans le canal de Stenon.*

Par Mr J.-L. Lassaigne.

M. Gravost vétérinaire à Corbeil, département du Loiret, remit dernièrement à M. Dupuis, professeur à l'Ecole vétérinaire d'Alfort un calcul remarquable par sa grosseur, qu'il avait lui-même extrait du canal de Stenon sur un âne vivant, pour que nous le soumissions à l'analyse chimique.

Ce vétérinaire, appelé par le propriétaire de l'animal long-temps après que les moyens imaginés pour combattre les progrès de ce qu'on avait regardé comme une tumeur eurent été sans succès, et que, selon l'usage, elle eût été traitée infructueusement par les maturatifs et les emplâtres fondans, ne tarda pas à reconnaître l'existence d'un calcul salivaire dont il fit facilement l'extraction par l'incision des parties qui le recouvraient, sans aucun danger pour la santé de l'animal.

Ce calcul avait environ la grosseur du poing d'un homme; sa forme était parfaitement ovale; sa surface était lisse, blanche et comme polie; il presentait une grande dureté, qui nous a paru égale à celle du marbre; il pesait 19 onces 7 gros, ou plus exactement 620 grammes. Le volume et le poids de cette espèce de calcul sont donc extraordinaires. Il n'y a point d'exemple semblable qui soit connu parmi les calculs salivaires qui entrent dans la nombreuse collection de l'Ecole royale vétérinaire d'Alfort; et M. le professeur Dupuy, qu'une longue pratique a souvent mis dans la position d'observer ces sortes de cas pathologiques, nous a dit n'en avoir jamais trouvé d'analogue pour la grosseur.

Plusieurs des concrétions de cet ordre offrant parfois à leur centre une matière étrangère qui a dû nécessairement, comme la théorie semble l'indiquer, être la cause primitive de leur formation, nous avons cherché à la remarquer sur celle qui nous occupe : pour cela, nous

l'avons sciée avec soin dans la direction de son plus grand axe, pour l'examiner intérieurement. Cette opération mécanique nous a présenté quelques difficultés, vu la grande force de cohésion qui unissait les parties; cependant cette section ne nous a point fait apercevoir de noyau étranger, mais on distinguait très-bien les différentes couches qui la formaient, et qui étaient d'un blanc d'albâtre.

La pesanteur spécifique d'un des morceaux que nous avons déterminée à l'aide d'une bonne balance de Fortin, et à la température de $+8^{\circ}$, était de 2,302.

Afin d'avoir une idée plus juste et plus exacte de la nature de ce calcul, nous avons cru devoir soumettre à l'examen chimique la poussière qui provenait de l'action de la scie lors de sa division; par ce moyen, nous avons dû obtenir la proportion moyenne de tous les principes qui entraient dans la proportion des différentes couches.

I[re] *Expérience.* Nous avons d'abord placé dans une capsule de porcelaine tarée d'avance, 10 grammes de la poudre de ce calcul salivaire, et nous l'avons exposée à une température de $+100^{\circ}$ pendant une demi-heure: lorsque la perte occasionée par cette légère calcination n'était plus sensible à la balance qui nous servait, nous l'avons définitivement estimée; elle s'est trouvée de $0^{g}\cdot360$: cette perte provient, comme nous nous en sommes assurés dans une autre expérience à vase fermé, de l'eau qui existait en combinaison avec les principes fixes.

II[e] *Expérience.* Après cette première évaluation, nous avons dû rechercher si ce calcul renfermait des matières solubles dans l'eau, puisque, selon toutes les apparences déduites de sa position sur l'animal, il avait été probablement formé aux dépens de la salive: à cet effet, nous avons mis en contact avec de l'eau distillée froide la poudre desséchée restante; et, au bout de six heures de macération, nous l'avons recueillie sur un filtre de papier joseph, pesé d'avance. L'eau employée à cette macération, évaporée à siccité avec précaution, a formé un résidu jaunâtre légèrement salé, qui pesait, après avoir été des-

séché, 0g,100. Ce résidu était alcalin, en partie soluble dans l'alcool; sa solution aqueuse indiquait, par les réactifs, la présence d'un hydrochlorate, d'un sulfate, et celle de la chaux; le chlorure de platine démontrait aussi celle de quelques traces de potasse; aussi l'avons-nous considéré avec raison comme formé par les principes solubles de la salive dans le canal de laquelle ce calcul avait pris naissance; du moins il avait la plus grande ressemblance avec celui qu'on retire par l'eau de la salive du cheval, comme nous l'avons annoncé dans notre analyse de cette liqueur, il y a quelques années. L'alcool à 36 degrés succédant à l'action de l'eau, n'en a extrait aucune substance soluble. Nous avons alors délayé la poudre de ce calcul, épuisée par ces deux agens, dans de l'eau distillée, et on y versait peu à peu de l'acide nitrique pur; la dissolution s'en est opérée avec une effervescence écumeuse très-abondante de gaz acide carbonique. Il est resté quelques flocons jaunâtres qui nageaient dans la liqueur acide; recueillis, ils pesaient, après leur dessiccation à 100° — 0g.530. Les essais que nous avons faits pour en déterminer la nature nous ont démontré qu'ils avaient tous les caractères du mucus.

On a versé dans la dissolution nitrique de l'ammoniaque caustique en excès; il s'est produit un précipité floconneux, demi-transparent, un peu jaunâtre, qui, desséché, pesait 0g,411. Ce précipité, calciné au rouge dans un creuset de platine, a d'abord noirci en répandant une fumée d'une odeur de corne brûlée, et est devenu blanc par une calcination plus prolongée; il ne pesait plus alors que 0g,300. En soustrayant ce poids du premier, on obtient 0g,110 pour la matière animale détruite par la chaleur, et que nous regardons comme une portion de mucus disssoute par l'acide nitrique : du reste, les 0g,300 de résidu calciné se sont comportés comme du phosphate de chaux contenant une trace d'oxide de fer.

La liqueur d'où le phosphate de chaux avait été séparé par l'alcali volatil a été mêlée avec un excès de solution d'oxalate d'ammoniaque, pour en isoler toute la

chaux. L'oxalate de cette base, calciné au rouge et transformé par l'acide sulfurique en sulfate de chaux, a fourni 8g,150 de ce sel, représentant 4g,760 de chaux vive, et par conséquent 8g,510 de sous-carbonate de chaux.

La solution de potasse versée ensuite dans la dissolution d'où la chaux avait été éliminée par l'oxalate d'ammoniaque, n'a point occasioné de précipité; ce qui indique l'absence de la magnésie.

En résumant les différentes opérations qui ont fait l'objet de cet examen, l'on voit que ce calcul contient, sur 100 parties en poids savoir :

Eau	3,6;
Principes solubles de la salive (soude, matière animale soluble dans l'alcool; hydrochlorate, sulfate, chaux, etc.)	1,»;
Matière animale analogue au mucus	6,4;
Phosphate de chaux et traces d'oxide de fer	3,»;
Sous-carbonate de chaux	85,1.
	99,1.

La composition de ce nouveau calcul salivaire est identique, au moins pour la nature des principes, avec celle du calcul salivaire de cheval, dont nous avons déjà publié l'analyse dans les *Annales de Chimie et de Physique*, en 1822; elle diffère de celle d'un semblable calcul, dans lequel M. Laugier a rencontré près de 2 centièmes de carbonate de magnésie.

OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES. *Novembre* 1825.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	760,75	+11,0	91	760,00	+13,7	89	757,80	+12,7	95	755,88	+12,7	98	+13,8	+ 9,5	Couvert.	S. O.
2	755,60	+10,6	96	755,60	+11,8	89	754,62	+12,4	90	752,24	+11,0	93	+12,4	+10,0	Couvert, brouillard.	O.
3	742,75	+13,0	96	741,04	+12,8	97	740,48	+13,7	76	741,24	+ 8,5	90	+13,8	+ 8,5	Forte averse.	S. O.
4	746,10	+ 5,8	91	747,30	+ 9,3	86	748,04	+ 8,3	75	751,40	+ 4,0	98	+ 9,3	+ 3,4	Nuageux.	O.
5	756,93	+ 4,7	97	757,55	+ 9,2	90	757,95	+ 8,9	82	757,34	+ 4,0	88	+ 9,3	+ 2,1	Couvert.	N. O.
6	749,22	+ 8,9	96	717,00	+10,0	96	744,73	+10,5	97	742,30	+10,0	98	+10,5	+ 6,8	Couvert.	S. O.
7	736,98	+ 7,5	97	738,30	+ 7,5	90	739,73	+ 8,2	92	745,30	+ 4,0	97	+ 8,3	+ 4,0	Nuageux, brouill.	N.
8	748,42	+ 4,3	94	747,22	+ 7,8	86	744,76	+ 8,9	80	741,52	+ 9,0	96	+ 9,0	+ 3,3	Nuageux.	S.
9	740,66	+ 9,1	94	741,14	+12,2	89	740,20	+11,6	94	737,40	+11,0	91	+12,3	+ 8,6	Couvert.	S.
10	728,47	+10,0	96	728,30	+12,0	90	726,82	+11,8	90	733,29	+ 8,3	78	+12,0	+ 8,2	Pluie.	S.
11	741,20	+ 6,0	96	741,20	+ 6,3	96	740,87	+ 6,4	96	745,05	+ 6,3	98	+ 7,0	+ 5,5	Pluie fine, brouill.	E.
12	750,22	+ 7,3	97	751,10	+ 8,5	94	751,76	+ 8,8	94	753,53	+ 6,3	98	+ 8,8	+ 6,3	Pluie fine, brouill.	N. O.
13	755,70	+ 5,2	96	755,45	+ 6,5	89	755,60	+ 6,2	88	754,95	+ 1,2	92	+ 6,5	+ 0,5	Couvert, brouillard.	N. O.
14	756,15	+ 1,0	94	755,66	+ 6,0	91	754,72	+ 5,8	96	754,98	+ 5,0	98	+ 6,0	+ 0,4	Couvert, brouillard.	S. O.
15	757,22	+ 4,2	97	757,52	+ 6,9	96	768,00	+ 7,7	89	761,30	+ 5,2	98	+ 7,8	+ 4,3	Pluie, brouillard.	N. O.
16	761,54	+ 5,2	96	761,20	+ 7,7	87	761,72	+ 7,2	90	763,20	+ 4,9	97	+ 7,8	+ 4,0	Quelq éclair., br.	N. O.
17	764,15	+ 3,5	97	763,36	+ 6,8	97	761,96	+ 8,2	88	760,12	+ 6,8	98	+ 8,3	+ 1,5	Nuageux.	S.
18	759,38	+ 7,5	97	760,06	+10,2	97	760,04	+10,8	97	758,48	+ 9,3	98	+10,8	+ 2,4	Nuageux.	O.
19	755,76	+11,0	98	756,07	+ 9,4	98	754,82	+ 9,8	97	757,76	+ 5,0	98	+11,0	+ 5,0	Pluie cont., brouil.	N. O.
20	763,25	+ 4,0	96	763,98	+ 7,3	96	764,50	+ 7,5	75	764,80	+ 0,5	98	+ 7,8	+ 0,5	Nuageux. brouill.	N.
21	762,90	+ 5,0	94	760,80	+ 8,5	91	759,10	+ 8,1	94	757,76	+ 7,5	98	+ 8,5	+ 3,2	Quelques éclaircies.	S. S. O.
22	758,76	+ 5,5	97	758,46	+ 7,8	87	757,95	+ 8,0	87	760,32	+ 4,8	98	+ 8,0	+ 4,8	Nuageux.	O. S. O.
23	766,32	+ 2,2	96	760,94	+ 6,0	85	766,88	+ 6,2	84	766,95	+ 4,0	97	+ 6,4	+ 1,0	Nuageux, brouill.	O. N. O.
24	765,35	+ 7,8	97	765,04	+10,1	97	763,88	+11,3	97	762,62	+10,8	98	+11,3	+ 7,0	Couv., brouil. hum.	S. O
25	763,37	+10,7	97	764,26	+10,7	83	764,86	+10,5	82	765,62	+ 4,7	96	+10,8	+ 4,8	Nuageux.	N. O.
26	766,68	+ 0,4	97	764,82	+ 7,9	91	762,15	+ 8,8	93	759,58	+ 9,5	96	+ 9,5	− 1,3	Nuageux, brouil.	S. O.
27	758,68	+ 9,0	98	758,92	+10,0	97	758,54	+ 9,9	87	755,88	+ 9,1	99	+10,0	+ 9,0	Quelques éclaircies.	O.
28	750,58	+ 9,5	97	743,22	+11,8	93	745,80	+11,8	96	745,34	+ 9,4	97	+11,8	+ 9,4	Couvert.	S. O.
29	740,30	+10,0	96	738,35	+12,0	91	738,33	+ 8,5	83	757,76	+ 9,2	90	+12,0	+ 8,5	Très-nuageux.	S. O.
30	741,47	+ 8,3	90	744,08	+ 8,8	92	745,16	+ 8,8	88	748,85	+ 4,3	97	+ 8,9	+ 4,3	Couvert.	O. S O.
1	746,59	+ 8,5	95	746,35	+10,6	90	745,51	+10,7	87	745,83	+ 8,2	93	+11,1	+ 6,4	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	756,46	+ 5,5	96	756,46	+ 7,6	94	756,34	+ 7,8	91	757,42	+ 5,1	97	+ 8,2	+ 3,5	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 11,495
3	757,44	+ 6,8	96	756,09	+ 9,4	91	755,30	+ 9,2	90	756,17	+ 7,3	96	+ 9,7	+ 5,1	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 10,505
	753,50	+ 6,9	93	753,27	+ 9,2	92	752,72	+ 9,2	89	753,14	+ 6,9	95	+ 9,7	+ 5,0	Moyennes du mois,	+ 7°,3.

Rapport *fait à l'Académie des Sciences, le lundi 22 août 1825, sur le Voyage de découvertes, exécuté dans les années 1822, 1823, 1824 et 1825, sous le commandement de M.* Duperrey, *lieutenant de vaisseau.*

(Commissaires : MM de Humboldt, Cuvier, Desfontaines, Cordier, Latreille, de Rossel, et Arago, Rapporteur.)

Depuis la retour de la paix, de nombreux voyages ont été exécutés dans l'intérêt des sciences et de la navigation. Les cartes de la Méditerranée et de la mer Noire du capitaine Gauttier; les travaux du capitaine Roussin sur les côtes d'Afrique et du Brésil; l'expédition du capitaine Freycinet; les opérations hydrographiques dirigées par notre confrère Beautems-Beaupré, seront des monumens durables de la protectiou éclairée que le Ministère de la Marine accorde aux entreprises utiles. Le plan du nouveau voyage dont l'Académie nous a chargés de lui rendre compte, fut présenté au marquis de Clermont-Tonnerre, alors ministre de la Marine, par MM. Duperrey et Durville, vers la fin de 1821. S. E. l'approuva et mit la corvette la *Coquille* à la disposition de ces jeunes officiers. Le zèle et l'habileté dont ils avaient donné des preuves multipliées, le premier pendant la circumnavigation de l'*Uranie*, l'autre comme collaborateur du capitaine Gauttier, offraient toutes les garanties désirables. L'Académie trouvera, nous le croyons du moins, dans l'analyse que nous devons lui soumettre des nombreux travaux exécutés sur la *Co-*

quille, que les espérances de l'autorité et des savans ont été complètement réalisées.

Itinéraire.

La *Coquille* appareilla de Toulon le 11 août 1822. Le 22 du même mois, elle mouilla sur la rade de Sainte-Croix de Ténériffe, d'où elle partit le 1[er] septembre, faisant route pour la côte du Brésil. Dans sa traversée, M. Duperrey prit connaissance, le 5 octobre, des petits îlots de Martin-Vaz et de la Trinité; le 16, la *Coquille* jeta l'ancre au mouillage de l'île Sainte-Catherine : elle y séjourna jusqu'au 30. Le 18 novembre, elle atteignit le port Louis des Malouines, situé au fond de la Baie-Française, d'où elle mit sous voiles le 18 décembre pour doubler le cap Horn; elle visita ensuite sur la côte occidentale d'Amérique le port de la Conception au Chili; celui du Callao au Pérou; enfin le port de Payta, situé entre l'équateur magnétique et l'équateur terrestre. L'absence de toute relation diplomatique entre la France et les gouvernemens républicains de l'Amérique du Sud, n'apporta aucun obstacle aux opérations de M. Duperrey : sur la côte du Chili, comme au Pérou, les autorités allèrent avec empressement au devant de ses moindres désirs.

La *Coquille* appareilla de Payta le 22 mars 1823; elle longea dans sa route l'archipel Dangereux, et relâcha d'abord à Tahiti le 3 mai, et ensuite à Borabora, qui fait également partie des îles de la Société. En quittant ce dernier point, l'expédition se dirigea vers l'ouest, prit successivement connaissance des îles Salvage, Eoa (dans le groupe des Amis), Santa-Cruz, Bougainville,

Bouka, et atteignit la Nouvelle-Irlande, où elle mouilla dans la baie de Praslin le 11 août.

Après une relâche de neuf jours, l'expédition quitta le port Praslin, pour se rendre à Waigiou. Nous parlerons tout-à-l'heure des observations qu'elle fit dans la traversée et durant son séjour dans le hâvre d'Offak, d'où elle partit le 16 septembre. Le 23, M. Duperrey jeta l'ancre à Cajeli (île Bourou); le 4 octobre, il aborda à Amboine, où il reçut de M. Merkus, gouverneur des Moluques, l'accueil le plus empressé et tous les secours dont il avait besoin. Le 27 octobre, la *Coquille* remit sous voiles, se dirigeant du nord au sud; elle prit connaissance de l'île du Volcan; traversa le détroit d'Ombay; longea les îles situées à l'ouest de Timor; fit la reconnaissance de Savu, de Benjoar, et quitta définitivement ces parages pour se rendre au port Jackson. Les vents contraires ne permirent pas à M. Duperrey de ranger la côte occidentale de la Nouvelle-Hollande, comme il en avait eu le projet; ce ne fut que le 10 janvier 1824 qu'il doubla la pointe méridionale de la terre de Van-Diemen; le 17, la corvette était amarrée dans Sydney-Cove. M. le général Brisbane, gouverneur de la Nouvelle-Hollande et correspondant de l'Académie, reçut nos voyageurs avec l'empressement le plus amical, et mit à leur disposition tout ce qui pouvait contribuer au succès des opérations dont ils étaient chargés.

En quittant Sydney le 20 mars 1824, après une relâche de deux mois, l'expédition fit voile pour la Nouvelle-Zélande, où elle aborda le 3 avril, dans la baie des Iles. Les travaux qu'elle devait y exécuter furent terminés le 17. Dans les premiers jours de mai, la

Coquille parcourait déjà dans tous les sens l'archipel des Carolines. La mousson d'Ouest l'obligea d'abandonner ces parages vers la fin de juin 1824; elle se dirigea alors sur l'extrémité nord de la Nouvelle-Guinée, fit, durant sa route, la géographie d'un bon nombres d'îles peu connues ou mal placées, et atteignit le hâvre de Dory le 26 juillet; quinze jours après, la corvette mit de nouveau sous voiles pour se rendre, en traversant les Moluques, à Java. Elle jeta l'ancre dans le port de Sourabaya le 29 août; en partit le 11 septembre; arriva, le mois suivant, à l'Ile-de-France, où ses opérations la retinrent du 31 octobre au 16 novembre; elle séjourna à Bourbon du 17 au 23 du même mois, et fit voile ensuite pour Sainte-Hélène. La relâche de M. Duperrey dans cette île dura une semaine. Il en partit le 11 janvier de l'année courante, jeta l'ancre à l'Ascension le 18; y exécuta rapidement les observations du pendule et des phénomènes magnétiques, et quitta définitivement ces établissemens anglais le 27, après avoir reçu des commandans et des officiers des deux garnisons tous les secours désirables. Le 24 avril enfin, M. Duperrey entra dans la rade de Marseille.

Durant cette campagne de *trente-un mois et treize jours*, la *Coquille* a parcouru 25000 lieues. Elle est revenue au point de départ, sans avoir perdu un seul homme, sans malades et sans avaries. M. Duperrey attribue en grande partie la bonne santé dont son équipage a constamment joui, à l'excellente qualité de l'eau conservée dans les caisses en fer, et aussi à l'ordre qu'il avait donné d'y laisser puiser à discrétion. Quant au rare bonheur qu'a eu la *Coquille* d'exécuter un si long

voyage sans avaries ni dans ses mâts, ni dans ses vergues, ni même dans ses voiles, s'il a dû tenir à un concours de circonstances extraordinaires, sur lequel il serait imprudent de toujours compter, on doit aussi reconnaître que de telles chances ne s'offrent qu'à des marins consommés. Ajoutons encore que M. Duperrey et ses collaborateurs avaient eu, en 1822, l'avantage de trouver à Toulon, dans la personne de M. Lefébure de Cerizy, un ingénieur du plus grand mérite, qui présida au radoub et à l'installation de la corvette, avec toute la sollicitude d'un véritable ami.

Cartes et plans levés pendant la campagne de la Coquille.

Les travaux hydrographiques exécutés pendant la circumnavigation de la *Coquille* sont déjà complètement dessinés et n'attendent plus que le burin du graveur; ils forment 53 cartes ou plans, dressés par les meilleures méthodes. Nous allons en présenter ici l'énumération, en citant au fur et à mesure les noms des officiers à qui on en est redevable.

Sur la côte du Brésil, le *plan* des îlots de Martin-Vaz et de la Trinité a été dressé avec beaucoup de soin par M. Bérard.

Sur celle du Pérou, le même officier a fait le *plan très-détaillé* du mouillage de Payta et la *carte* des côtes adjacentes, depuis Colan, situé à peu de distance de l'embouchure du Rio-de-Chira jusqu'à l'île de Lobos.

La *carte générale* de l'archipel Dangereux a été dressée par M. Duperrey lui-même; la *carte particulière* de

l'île Clermont-Tonnerre appartient à M. Bérard ; les *plans* des îles d'Augier, Freycinet et de Lostange ont été levés avec un soin très-remarquable par M. Lottin.

M. Duperrey a profité de sa navigation au milieu des îles de la Société pour rectifier plusieurs graves erreurs qu'on remarque dans toutes les cartes de cet archipel.

M. Bérard a levé, dans l'île de Tahiti, avec son habileté accoutumée, le *plan* du mouillage de Matavaï. Le *plan* des îles Moutou-iti et Moupiti et *celui* du mouillage de Papaoa sont de M. Blosseville : ils font également honneur à son zèle et à son expérience.

Dans la Nouvelle-Irlande, MM. Bérard, Lottin et Blosseville ont levé conjointement et dans les plus grands détails le *plan* du port Praslin et de l'anse aux Anglais, le *plan* du cap Saint-George, et la *carte* du détroit de même nom, qui sépare la Nouvelle-Irlande de la Nouvelle-Bretagne.

En quittant la Nouvelle-Irlande, la *Coquille* a fait une reconnaissance détaillée des îles Schouten, sur lesquelles on n'avait jusqu'ici que des notions un peu confuses : M. Duperrey en a dressé la *carte*. Le hâvre d'Offak, dans l'île Waigiou, dont l'intérieur était peu connu, a été l'objet d'un travail spécial, auquel tous les officiers ont pris part. M. Bérard a fait la *carte* de la portion de côte de la Nouvelle-Guinée comprise entre Dory et Auranswary ; le *plan* du hâvre de Dory se fonde sur les observations réunies de MM. Bérard, Lottin et de Blois. La *carte* de la côte, entre Dory et le cap de Bonne-Espérance de la Nouvelle-Guinée, est de M. Lottin ; c'est également à cet officier qu'on sera redevable de la *carte* des îles Yang, situées au nord de Rouib.

Des traversées effectuées suivant des directions très-diverses dans les Moluques ont fourni à M. Duperrey les élémens d'une nouvelle *carte* de cet archipel, et de celle du détroit de Wangi-Wangi, à l'est de l'île de Boutonn. L'amiral d'Entrecasteaux n'avait vu que les côtes nord des îles Savu et Benjoar, situées au sud-ouest de Timor; M. Bérard a tracé une grande partie des côtes méridionales. La *carte* du détroit d'Ombay et de l'île du Volcan est également dressée d'après les observations du même officier. Celle de l'île Guébé appartient à M. de Blois.

Dans la Nouvelle-Zélande, les travaux de la *Coquille* n'ont eu pour objet que l'extrémité nord de l'île Eaheinomauve; ils forment quatre planches. La première fait connaître la configuration de toute la côte N.-E.; elle est de M. de Blois; la seconde représente la baie des Iles, d'après les travaux réunis de tous les officiers; la troisième offre le *plan* de la baie de Manawa, par M. Bérard; la quatrième enfin, est le *plan* détaillé de la rivière de Kédékédé, dressé sur les observations de M. de Blosseville.

Les îles isolées de Rotumah, de Cocal et de Saint-Augustin ont été levées par MM. Bérard et Lottin.

Dans l'archipel des îles Mulgraves, dont M. Duperrey a dessiné la *carte générale*, M. de Blosseville a effectué la reconaissance des îles King's-mill, Hopper, Wood et Henderville; et M. de Blois, celle de l'île Hall, d'un archipel de cinq îles, et enfin des îles Mulgraves proprement dites de Marchall.

Le vaste archipel des Carolines, jusqu'à présent si mal connu, a été le principal théâtre des opérations géogra-

phiques de la *Coquille*. La *carte générale* que M. Duperrey en a dressée rectifiera beaucoup d'erreurs. L'île de Benham y est représentée d'après la reconnaissance qu'en a faite M. de Blosseville. L'île Ualan, que le capitaine américain Crozier avait nommée *Strong*, et à laquelle M. Duperrey a restitué le nom que lui donnent les habitans, mérite un intérêt tout particulier. Durant une relâche de quinze jours, les officiers de la corvette l'ont parcourue dans tous les sens; ils y ont trouvé d'assez grands ports; l'un d'eux, que les naturels appellent *Lélé*, un autre qui a reçu le nom de la *Coquille*, sont dessinés dans l'atlas d'après les opérations très-détaillées de MM. Bérard, Lottin et de Blois.

M. de Blois a fait à part une reconnaissance complète des îles Tougoulou et Pélélap, qui sont probablement les Mac-Askill de certaines cartes, et celle des îles Mougoul, Ougai et Aoura, qui furent découvertes le 18 juin. C'est encore à cet officier qu'on devra le *plan* détaillé du groupe assez étendu d'Hogoleu, dont le père Cantova avait déjà anciennement parlé, et au milieu duquel la *Coquille* naviguait le 24 juin 1824. La reconnaissance faite par M. Lottin des îles Tametain, Fanadik et Holap, rattache dans ces parages les opérations de la *Coquille* à celles de l'*Uranie*.

Les trois dernières feuilles de l'atlas si riche dont nous venons d'offrir l'analyse, représentent les mouillages de Sainte-Hélène et de Sandy-Bay, et l'île de l'Ascension, d'après les observations de tous les officiers.

On ne perfectionne pas moins les cartes quand on les débarrasse d'îles, d'écueils, de bancs de sable qui n'existent pas, que lorsqu'on y insère des terres nouvellement

découvertes. L'expédition de la *Coquille* aura rendu plus d'un service à cet égard.

Suivant la plupart des géographes, il y a, non loin des côtes orientales du Pérou, un écueil nommé le *Trépied*. M. Duperrey l'a infructueusement cherché ; la *Coquille* a navigué à pleines voiles dans les lieux mêmes où le Trépied est ordinairement dessiné.

En prolongeant les côtes de la Nouvelle - Guinée, M. Duperrey a fait avec beaucoup de soin, mais sans succès, la recherche des îles que Carteret avait appelées *Stephens*. Suivant lui, ces îles, encore représentées dans nos cartes, seraient les îles de la Providence de Dampier, situées à l'ouverture de la baie de Geelving : c'est aussi l'opinion du capitaine Krusenstern, et l'on ne peut disconvenir qu'elle a maintenant une grande probabilité. Il paraîtra néanmoins fort étrange que Carteret se soit trompé de près de 3 degrés sur son estime.

Nos cartes les plus modernes placent un groupe d'îles nommées les *Trials*, en face de la terre de Witt par 20° de latitude sud et 100° de longitude occidentale; M. Duperrey, qui aurait attaché un grand prix à déterminer leur position, n'a pas pu les trouver.

Dans l'archipel des Carolines, les doubles emplois sont très-nombreux : M. Duperrey montre parfaitement que l'île Hope, que l'île Teyoa, que les groupes de Satahual et Lamurek n'existent point dans les positions qu'on leur assigne. Peut-être lui sera-t-il quelquefois difficile d'appliquer exactement ces anciens noms aux îles dont il a fixé la place. Au reste, l'inconvénient n'est pas grave; tout était si inexact dans les cartes de cet archipel,

que le travail de la *Coquille* équivaut à une première découverte.

Observations astronomiques.

Dans un voyage comme celui de la *Coquille*, où les relâches devaient être partout de très-courte durée, les observations astronomiques ne pouvaient avoir pour objet que le perfectionnement de la géographie. Ces observations, dans chaque port, se composent de hauteurs du soleil et d'étoiles propres à vérifier la marche des chronomètres ; de nombreuses séries de hauteurs circumméridiennes faites avec le cercle répétiteur astronomique et destinées à donner les latitudes ; enfin d'une multitude de distances de la lune au soleil, aux étoiles et aux planètes, prises avec le cercle répétiteur à réflexion. L'examen que nous avons fait de la partie de ce travail déjà complètement rédigée, nous en a donné l'opinion la plus favorable. Tous les officiers de la *Coquille* y ont également concouru; nous devons néanmoins faire ici une mention particulière de M. Jacquinot, qui, chargé par le commandant de la surveillance des chronomètres durant tout le voyage, a rempli cette minutieuse tâche avec un zèle et une exactitude dignes des éloges de l'Académie.

Observations relatives à la détermination de la figure de la terre.

M. Duperrey était muni de deux pendules invariables en cuivre, qui avaient déjà servi dans le voyage de l'*Uranie*. Ils ont été observés à Paris avant le départ et depuis le retour de l'expédition; à Toulon, pendant qu'on

préparait le bâtiment ; aux Malouines par 51° 31′ 43″ de latitude sud ; au port Jackson, sur la côte orientale de la Nouvelle-Hollande ; à l'Ile-de-France et à l'île de l'Ascension, entre les tropiques. Notre confrère, M. Mathieu, a déjà calculé les observations des Malouines et celles de Paris. Il en a déduit cette importante conséquence, en opposition avec une opinion long-temps accréditée, que les deux hémisphères terrestres nord et sud ont à très-peu près la même forme. Celles de ces observations qu'on n'a pas encore eu le temps de discuter, se rattachent à des questions non moins curieuses. Il résulte, par exemple, des opérations de M. Freycinet, qu'il existe à l'Ile-de-France une cause d'attraction locale tellement intense, qu'elle y altère la marche d'une horloge de 13 ou 14 secondes par jour. On conçoit combien il devient intéressant de rechercher, dans les mesures de M. Duperrey, si l'influence accidentelle a été aussi manifeste. Sous peu de jours les résultats de cette discussion seront présentés à l'Académie.

Magnétisme.

Les phénomènes du magnétisme terrestre, malgré plus d'un siècle de recherches, sont encore enveloppés dans une grande obscurité. M. Duperrey s'en est occupé, pendant toute la durée de son voyage, avec l'attention la plus soutenue, soit à la mer, soit dans les relâches. Ses journaux renferment une multitude d'observations de déclinaison, d'inclinaison, d'intensité, et de variations diurnes de la déclinaison, faites par les meilleures méthodes. La Commission a pensé qu'en présentant ici un aperçu rapide des progrès que la science

peut attendre de ce grand travail, elle remplirait les intentions de l'Académie.

Il existe, comme on sait, sur l*iques.*, une courbe le long de laquelle l'aiguille aimanté[illegible] place horizontalement. Cette courbe, qu'on a appelée *l'équateur magnétique*, a été naguère l'objet des recherches de MM. Hansteen et Morlet. Quoique ces deux physiciens aient fait usage des mêmes données, ils sont cependant arrivés sur quelques points à des résultats légèrement différens. Dans la carte du savant Norwégien, comme dans celle de notre compatriote, l'équateur magnétique est, en totalité, au sud de l'équateur terrestre entre l'Afrique et l'Amérique. Le plus grand écartement de ces deux courbes en latitude, correspond à environ 25° de longitude occidentale : il est de 13° ou 14°. Dans la première carte on trouve un nœud, en Afrique, par 22° de longitude orientale ; la seconde le place 4° plus à l'occident. Suivant MM. Hansteen et Morlet, si l'on part de ce nœud en s'avançant du côté de la mer des Indes, la ligne sans inclinaison s'éloigne rapidement vers le nord de l'équateur terrestre, sort de l'Afrique un peu au sud du cap Guardafui, et parvient, dans la mer d'Arabie, à son *maximum* absolu d'excursion boréale (environ 12°), par 62° de longitude orientale. Entre ce méridien et le 174ᵉ degré de longitude, la ligne sans inclinaison se maintient constamment dans l'hémisphère boréal. Elle coupe la presqu'île de l'Inde, un peu au nord du cap Comorin ; traverse le golfe du Bengale en se rapprochant légèrement de l'équateur terrestre dont elle n'est éloignée que de 8°, à l'entrée du golfe de Siam ; remonte ensuite un tant soit peu au nord ; est presque tangente à la

pointe septentrionale de Bornéo, traverse l'île Paragua, le détroit qui sépare la plus méridionale des Philippines de l'île Mindanao, et sous le méridien de Waigiou se trouve de nouveau placée à 9° de latitude nord. De là, après avoir passé dans l'archipel des Carolines, l'équateur magnétique descend rapidement vers l'équateur terrestre, et le coupe, d'après M. Morlet, par 174°; et suivant M. Hansteen, par 187° de longitude orientale. Il y a beaucoup moins d'incertitude sur la position d'un second nœud situé aussi dans l'Océan-Pacifique : sa longitude occidentale doit être de 120° environ; mais tandis que les recherches de M. Morlet l'ont conduit à admettre que l'équateur magnétique, après avoir seulement *touché* l'équateur terrestre, s'infléchit aussitôt vers le sud, M. Hansteen suppose que cette courbe passe dans l'hémisphère nord, sur une étendue d'environ 15° de longitude, et revient ensuite couper de nouveau la ligne équinoxiale à 23° de distance de la côte occidentale d'Amérique. Du reste, pour qu'on ne s'exagère point cette discordance, nous devons dire que, dans son excursion boréale, la courbe sans inclinaison de M. Hansteen ne s'éloigne pas de l'équateur terrestre de plus d'un degré et demi, et qu'en définitive cette ligne et celle de M. Morlet ne sont nulle part à deux degrés de distance l'une de l'autre dans le sens des cercles de latitude.

Ces divers résultats se rapportent à l'équateur magnétique de l'année 1780. Est-il survenu, depuis lors, des changemens notables, soit dans la forme de cette courbe, soit dans la position de ses nœuds? Nous ne doutons pas que les travaux de M. Duperrey, réunis aux excellentes observations de M. Freycinet, n'éclaircissent complète-

ment cette question ; vos commissaires doivent se borner à vous présenter ici ce qu'ils ont pu déduire d'un premier aperçu.

La *Coquille* a coupé six fois l'équateur magnétique. Deux des points dont elle a ainsi déterminé directement la position, sont situés dans l'Océan atlantique par 27° 19′ 22″ et 14° 20′ 15″ de longitude occidentale, et par 12° 27′ 11″ et 9° 45′ 0″ de latitude sud. Dans la carte de M. Morlet, les latitudes des points de la ligne sans inclinaison correspondans à 27° $\frac{1}{4}$ et 14° $\frac{1}{3}$ de longitude occidentale, sont respectivement : 14° 10′ et 11° 36′. La ligne sans inclinaison semble donc, sur le premier point, s'être rapprochée de l'équateur terrestre de 1° 43′, et, par le méridien du second, de 1° 51′. La carte de M. Hansteen donne, à fort peu près, les mêmes différences.

Dans la mer du Sud, près de la côte d'Amérique, M. Duperrey a trouvé d'abord en allant du Callao à Payta, et ensuite pendant sa navigation entre Payta et les îles de la Société, deux points de l'équateur magnétique, dont voici les coordonnées :

Longit. 83° 38′ O. Latit. 7° 45′ S.
Longit. 85° 46′ O. Latit. 6° 18′ S.

Dans les cartes de MM. Hansteen et Morlet, les latitudes sont d'environ un degré *plus petites*. Ici la différence est en sens contraire de celle que nous avons trouvée dans l'Océan atlantique : vers les côtes du Pérou, l'équateur magnétique semble donc *s'être éloigné* de l'équateur terrestre.

Passons enfin aux deux points déterminés direc-

tement pendant la circumnavigation de la *Coquille*, dans la partie boréale de la ligne sans inclinaison. M. Duperrey a trouvé pour leurs coordonnées :

Longit. 170° 37′ 24″ E.... Latit. 0° 53′ N.
Longit. 145° 2′ 38″ E.... Latit. 7° 0′ N.

Ces latitudes sont *plus petites* sur les cartes qui représentent l'équateur de 1780. Dans la partie de l'Océan équinoxial correspondant aux Carolines et aux îles Mulgraves, la ligne sans inclinaison semble donc maintenant *s'éloigner* de l'équateur terrestre.

Des variations en apparence si contradictoires, s'expliqueront néanmoins très-simplement, même sans qu'il soit nécessaire d'admettre un changement de forme dans l'équateur magnétique, pourvu que l'on suppose que cette courbe est douée d'un mouvement de translation qui, d'année en année, la transporte progressivement et en masse de l'orient à l'occident. De 1780 à l'époque actuelle, cette rétrogradation des nœuds, pour qu'on pût en déduire la valeur numérique des changemens observés dans les latitudes, ne devrait guère être au-dessous de 10°. Si la rapidité de ce déplacement était regardée comme une objection, nous ferions remarquer que les observations directes de la position des nœuds conduisent, à fort peu près, aux mêmes résultats. M. Duperrey a trouvé, en effet, un nœud de la courbe par 172° environ de longitude orientale : sur la carte de M. Hansteen, ce nœud est placé au 184e degré. Dans la mer du Sud, le nœud tangent de M. Morlet, les deux nœuds de M. Hansteen se trouvent entre le 108e et le 126e degré de longitude occidentale. Des observations fort exactes faites à bord de l'*Uranie*, en 1819, et que M. Freycinet

a eu la bonté de nous communiquer, portent ce nœud jusqu'au 132e degré de longitude. Nous trouvons enfin, dans un ouvrage du capitaine Sabine, publié depuis quelques semaines seulement par ordre du Bureau des longitudes de Londres, une observation qui montre d'une manière non moins évidente que le point d'intersection des deux équateurs, qui était situé en Afrique, dans l'intérieur des terres, et assez loin de la côte en 1780, s'est avancé de l'orient à l'occident jusque dans l'Océan atlantique. L'observation dont nous venons de parler a été faite à l'île portugaise de Saint-Thomas. M. Sabine y a trouvé, en effet, en 1822, pour la valeur de l'inclinaison, 0° 4′ S. L'équateur magnétique passe donc actuellement par cette île dont la latitude est 24′ N., ou seulement quelques minutes plus à l'occident. Son point d'intersection avec l'équateur terrestre est à 5° environ de longitude orientale, tandis que, d'après les observations de 1780, MM. Morlet et Hansteen l'ont placé 13° au moins plus à l'est.

D'après ces divers rapprochemens, l'existence d'un mouvement de translation dans l'équateur magnétique est très-probable. M. Morlet l'avait déjà indiqué, mais avec la juste défiance que des mesures d'inclinaison obtenues sans changement des poles de l'aiguille devaient lui inspirer. Aujourd'hui on pourra obtenir, à cet égard, une certitude complète, en discutant sous le même point de vue l'ensemble des observations d'inclinaison faites en pleine mer dans les régions équinoxiales. Les journaux tenus à bord de l'*Uranie* et de la *Coquille* renferment tous les élémens de ce travail, à notre avis l'un des plus importans que l'on puisse maintenant entre-

prendre sur les phénomènes du magnétisme terrestre. Il paraîtrait, en effet, que c'est la forme et la position de la ligne sans inclinaison qui règlent, d'un pole à l'autre, dans quel sens, en chaque lieu, les variations annuelles de l'aiguille aimantée se manifesteront. Cette conjecture, en tant qu'il est question du changement d'inclinaison, se trouve consignée dans l'intéressant Mémoire de M. Morlet, que l'Académie, il y a déjà quelques années, a honoré de son approbation. Si l'on appelle latitude magnétique d'un point, la distance angulaire de ce point à la ligne sans inclinaison mesurée sur le méridien magnétique considéré comme un grand cercle, on trouvera en général, suivant M. Morlet, que l'inclinaison de l'aiguille *diminue* là où le mouvement de translation de l'équateur tend à *diminuer* la latitude magnétique; et qu'elle *augmente*, au contraire, partout où la latitude magnétique *s'agrandit*. Quelques lieux, tels que la Nouvelle-Hollande, Ténériffe, etc., lui paraissaient néanmoins faire exception. Les observations recueillies dans les voyages de l'*Uranie* et de la *Coquille* nous ont permis de soumettre cette règle à un plus grand nombre de vérifications, et de reconnaître qu'elle s'accorde avec l'expérience d'une manière fort remarquable, même dans les stations que M. Morlet avait exceptées. On voit de cette manière que si l'inclinaison sud *augmente* rapidement à Sainte-Hélène pendant que l'inclinaison nord *diminue* rapidement à l'Ascension, c'est parce que, dans son mouvement de translation, l'équateur magnétique, qui s'éloigne sensiblement de la première de ces îles, s'approche, au contraire, de la seconde, qu'elle finira même par atteindre en peu d'années. Le méridien magnétique

du Cap prolongé vers le nord, passe à une petite distance d'un des nœuds vers l'ouest : dès-lors l'inclinaison y doit *augmenter* rapidement, et c'est aussi ce que montrent les observations de Cook, de Bayly, de King, de Vancouver et de M. Freycinet. A l'île de Tahiti, Bayly, Wales et Cook trouvèrent, en 1773, 1774 et 1777, une inclinaison de l'aiguille d'environ 30°; M. Duperrey déduit de ses mesures 30° 36'; le changement annuel est donc presque insensible : mais aussi le méridien magnétique de Tahiti rencontre la ligne sans inclinaison très-près de son *maximum* de latitude, c'est-à-dire, dans un point où cette courbe est presque parallèle au méridien terrestre. Le rapide changement d'inclinaison à la Conception du Chili, déduit de la comparaison des mesures de Malaspina et de M. Duperrey; la petitesse, au contraire, de ce mouvement aux îles Sandwich, qui nous paraît résulter des observations de Bayly, de Cook, de Vancouver et de M. de Freycinet, n'offrent pas une confirmation moins frappante de la règle.

Si une discussion exacte des observations de l'aiguille horizontale montrait, comme cela paraît être au premier aperçu, qu'en chaque lieu les changemens de déclinaison peuvent aussi se rattacher à la position de l'équateur magnétique, l'étude du mouvement de cette courbe acquerrait une nouvelle importance. C'est une recherche dont MM. Freycinet et Duperrey possèdent tous les élémens, et qui nous paraît digne de fixer leur attention. Nous nous contenterons ici de faire remarquer qu'il résulte des observations de ces deux officiers, comparées à celles de Cook et de Vancouver, que la déclinaison, soit à Tahaïti au sud des deux équateurs, soit

aux îles Sandwich, par une latitude boréale, est maintenant aussi peu variable que l'inclinaison.

L'expédition maritime de l'*Uranie* est la première pendant laquelle on ait étudié les oscillations diurnes de l'aiguille aimantée horizontale. Les précieuses observations rapportées par M. Freycinet ont établi d'une manière incontestable, qu'entre les tropiques l'étendue de cette oscillation est sensiblement moindre que dans nos climats. On paraissait pouvoir aussi en déduire que dans l'hémisphère australe, *quel que soit le sens de la déclinaison*, l'extrémité nord de l'aiguille se meut vers l'est aux mêmes heures où nous la voyons en Europe marcher vers l'ouest. Ce fait, à son tour, amenait à la conséquence qu'entre l'Europe et les régions où M. Freycinet avait observé, il devait se trouver des points dans lesquels la variation serait absolument nulle. Il restait seulement à déterminer si ces points appartenaient à l'équateur magnétique ou à l'équateur terrestre. La seconde supposition ne pouvait guère se concilier avec l'existence à Rawack d'une variation diurne de trois à quatre minutes : car ce port, situé dans la terre des Papous, n'a que $0^{\circ}\ 1'\frac{1}{2}$ de latitude sud. Néanmoins il paraissait désirable, pour dissiper toute incertitude, qu'on observât le phénomène entre les deux équateurs. Tel a été le principal objet de la relâche de M. Duperrey à Payta. Dans cette ville, située au nord de l'équateur magnétique et au sud de l'équateur terrestre, l'extrémité nord de l'aiguille, observée avec un microscope, se mouvait, comme en Europe, de l'orient à l'occident, depuis huit heures du matin jusqu'à midi. Ce déplacement angulaire était très-petit; mais sa direction, sur

laquelle les observations ne laissaient aucune incertitude, paraissait autoriser la conséquence que tout le long de l'équateur magnétique l'aiguille horizontale n'éprouve pas de variations diurnes. Dans d'autres stations placées comme Payta, à l'île de l'Ascension, par exemple, on a pu voir cependant que cette conclusion aurait été prématurée. Le phénomène est plus complexe qu'on ne l'imaginait. Peut-être les changemens de déclinaison du soleil qui, en Europe, occasionent de si grandes variations dans l'amplitude des oscillations diurnes, amènent-ils, suivant les saisons sous les tropiques, des mouvemens de l'aiguille dirigés en sens inverse. Des observations ultérieures faites dans des mois et des lieux convenablement choisis, lèveront ces doutes. Aussi nous paraîtrait-il très-utile que l'Académie voulût bien, dès ce moment, recommander cette recherche d'une manière spéciale à l'attention des navigateurs, surtout si, comme on l'annonce, une nouvelle expédition de découvertes doit bientôt sortir de nos ports.

Pour terminer cet article, dont nous espérons qu'on daignera excuser l'étendue, nous devons encore ajouter que M. Duperrey a donné toute son attention aux expériences d'où l'on peut déduire les intensités comparatives du magnétisme terrestre en divers lieux, et qu'il s'est également occupé des observations propres à donner les corrections dont les élémens magnétiques obtenus en pleine mer pourront être susceptibles. Il nous a semblé qu'en général ces corrections seront très-petites.

Météorologie.

La météorologie se sera enrichie par l'expédition de la *Coquille*, d'un journal où, pendant trente-un mois con-

sécutifs et sans qu'il y ait une seule exception, on a noté six fois par jour l'état de l'atmosphère, sa température, sa pression, et la température de la mer. Dans les relâches, à Payta, par exemple; à Waigiou, sous l'équateur terrestre; à l'Île-de-France, à Sainte-Hélène, à l'Ascension, entre les tropiques; nos navigateurs ont eu l'incroyable patience d'observer le thermomètre et le baromètre de quart d'heure en quart d'heure, le jour et la nuit, pendant des semaines entières. Tant de soins ne seront pas perdus; des observations aussi minutieusement exactes, aussi détaillées, fourniront de précieuses données sur la loi qui lie les températures atmosphériques correspondantes aux différentes heures de la journée; sur la valeur de la période barométrique diurne et nocturne; sur les heures des *maxima* et des *minima*, etc. Grâce à l'extrême complaisance que M. Delcros, ingénieur-géographe très-distingué, a bien voulu avoir, à la prière de l'un de nous, d'aller à Toulon comparer les instrumens de la *Coquille* à un baromètre qui lui appartient et dont l'accord avec celui de l'Observatoire se maintient depuis plusieurs années, on pourra décider, ce qui au reste n'est presque plus une question depuis qu'on a reçu en Europe les observations de MM. Boussingault et Riveiro, si la pression moyenne de l'atmosphère est la même dans tous les climats.

Depuis les célèbres voyages de Cook, personne ne doute plus que l'hémisphère sud ne soit en masse notablement plus froid que l'hémisphère nord; mais à quelle distance des régions équinoxiales la différence commence-t-elle à être sensible? Suivant quelle loi s'agrandit-elle à mesure que la latitude augmente?

Quand ces questions auront été complètement résolues, on pourra soumettre à une discussion exacte les causes diverses auxquelles ce grand phénomène a été attribué. La relâche de M. Duperrey aux Malouines montrera déjà que par 51° ½ de latitude, la différence du climat est très-grande. Nous voyons en effet qu'au mouillage de la Baie-Française, du 19 au 30 novembre 1822, les températures moyennes de l'atmosphère et de la mer furent respectivement :

+ 8°,0 et + 8°,2 centigrades. Le mois suivant, du 1er au 18, on trouva :

+ 10°,0 et + 9°,4. On peut donc adopter + 9°,0 centigrades pour la température moyenne des Malouines, dans les trente jours qui précèdent le solstice d'été de ces régions. Londres se trouve précisément sous la latitude de la Baie-Française : or, la température moyenne des douze derniers jours de mai et des dix-huit premiers jours de juin, d'après les tableaux publiés par la Société royale, est d'environ 15° centigrades : c'est 6° de plus qu'aux Malouines.

La recherche de la direction et de la vitesse des courans mérite, au plus haut degré, de fixer l'attention des navigateurs. Les observations météorologiques ne sont pas moins propres à hâter les progrès de cette branche importante de l'art nautique, que la méthode généralement employée par les marins, et qui consiste à comparer des latitudes et des longitudes déterminées astronomiquement, avec les latitudes et les longitudes correspondantes, déduites de l'observation de la boussole et du loch.

Les eaux d'une certaine région, quand elles sont trans-

portées par un courant dans une région plus ou moins voisine de l'équateur, ne perdent dans le trajet qu'une partie de leur température primitive. L'Océan se trouve ainsi sillonné par un grand nombre de rivières d'eau chaude et d'eau froide, dont le thermomètre manifeste l'existence et indique jusqu'à un certain point la direction. Tout le monde connaît les recherches de Franklin, de Blagden, de Williams, de M. de Humboldt, sur le courant équinoxial, qui, après s'être réfléchi dans le golfe du Mexique, après avoir débouché par le détroit de Bahama, se meut du S. au N., à une certaine distance de la côte orientale d'Amérique, et va, sous le nom de *Gulph-Stream*, tempérer le climat de l'Irlande, des îles Shetland et de la Norwège. A l'autre extrémité de ce vaste continent, le long des côtes du Chili et du Pérou, un courant rapide dirigé du sud au nord porte au contraire jusqu'au Callao les eaux froides du cap Horn et du détroit de Magellan. La température *anomale* de l'Océan, dans le port de Lima, avait déjà été remarquée dans le seizième siècle. Acosta dit en effet (liv. II, chap. 2, pag. 70), qu'on peut rafraîchir les boissons au Callao en les plongeant dans l'eau de la mer; mais c'est M. de Humboldt qui a prouvé le premier, par des expériences exactes, que cette température accidentelle est l'effet, du moins en grande partie, d'un courant méridional, dont la limite est le cap Blanc : plus au nord, dans le golfe de Guayaquil, il n'en a point trouvé de traces. Les nombreuses observations recueillies sur la *Coquille*, soit pendant sa navigation le long des côtes du Chili et du Pérou, soit durant son séjour à la Conception, à Lima et à Payta, fourniront sur ce curieux phé-

nomène d'importantes données. A Payta, par exemple, la température de l'air était en général de 5, de 6 et même quelquefois de 7° centigrades supérieure à celle de la mer. La différence moyenne de ces températures, déterminée par treize jours d'observation dans le mois de mars, s'élève à 5° : pendant la relâche au Callao on a trouvé aussi une différence dans le même sens; mais elle est plus petite qu'à Payta, ce qu'on n'aurait peut-être pas prévu. Les journaux tenus dans tous les autres ports, celui de la Conception du Chili excepté, n'offrent rien de semblable : l'eau et l'atmosphère, sur une moyenne de dix jours d'observation, donnent à fort peu près le même degré.

La considération des températures *absolues* ne fournirait pas une preuve moins certaine de l'existence de ce courant d'eau froide. Au port du Callao, du 26 février au 4 mars, les températures moyennes de l'air et de la mer furent respectivement 21°,3 et 19°,1 centigrades. Au large, à 800 lieues des côtes, sous la même latitude, comme aussi sous une latitude plus grande, on trouva, du 7 au 10 avril, 25°,9 et 25°,6.

A Payta, du 10 au 22 mars, les températures moyennes de l'air et de l'eau que nous déduisons des journaux de la *Coquille* sont 26°,1 et 20°,0. Ici, le courant n'exerce plus, comme on voit, une très-grande influence sur la température de l'atmosphère près de la côte; mais il est encore de 6 ou 7 degrés plus froid que l'Océan à pareille latitude dans tout autre parage.

Nous nous sommes livrés à cette discussion de quelques-unes des observations météorologiques rapportées par M. Duperrey, afin de montrer combien il serait dé-

sirable qu'elles fussent imprimées en entier : les sciences physiques et l'art nautique lui-même en tireraient un grand parti. Qu'il nous soit permis toutefois, en terminant cet article, d'exprimer le regret que nous avons éprouvé, en ne trouvant point dans des journaux si riches, si précieux, quelques observations de la température de la mer à de grandes profondeurs. Cette recherche, qui se rattache d'une manière si directe à celle de l'existence des courans sous-marins, n'aurait cependant pas retardé d'un quart d'heure la navigation de la *Coquille*, puisqu'en général il eût suffi d'attacher un thermomètre à la sonde toutes les fois qu'on la jetait à la mer. Si des expériences aussi intéressantes ont été complètement négligées par M. Duperrey et ses collaborateurs, c'est uniquement, il est presque superflu de le dire, à cause qu'ils manquaient des moyens de les faire avec exactitude. Il n'y avait pas en effet, à bord de la corvette, un seul de ces ingénieux thermomètres qui marquent par des index les *maxima* et les *minima* de température auxquels ils ont été exposés.

Rarement une expédition de découvertes quitte nos ports sans que l'Académie ne soit consultée par l'autorité, même sans qu'on la charge de rédiger des instructions ; nous pensons qu'elle ne contribuerait pas d'une manière moins efficace aux progrès des sciences, si elle faisait préparer à l'avance, par les plus habiles artistes, quelques-uns des instrumens de physique dont les navigateurs peuvent avoir besoin. Si l'Académie, comme nous l'espérons, daigne donner suite à la proposition que nous avons l'honneur de lui faire, non-seulement elle n'aura plus à l'avenir à signaler aucune lacune dans les

travaux qu'on lui soumettra, mais elle contribuera à répandre l'esprit de recherche et le goût de la précision, parmi cette brillante jeunesse, pleine de talens et de zèle, qui peuple nos ports.

Marées.

Les observations de marées, dans la rapide navigation de la *Coquille*, ont eu pour objet principal la recherche de l'heure de l'*établissement* des ports. Les journaux de l'expédition renferment tous les élémens de ces déterminations. Sur quelques côtes, M. Duperrey a remarqué qu'il n'y avait qu'une seule marée dans les vingt-quatre heures. Des observations semblables se trouvent consignées dans les ouvrages de plusieurs anciens navigateurs; peut-être même sont-elles maintenant assez multipliées, pour qu'il soit possible d'arriver à quelque conclusion intéressante sur les causes locales qui modifient aussi notablement le phénomène général. C'est une discussion à laquelle M. Duperrey a l'intention de se livrer.

Pendant l'observation des marées, quand le temps était calme, on faisait régulièrement, à bord de la *Coquille*, des expériences destinées à déterminer jusqu'à quelle profondeur il serait possible de voir, dans le cas où le fond de la mer aurait une nuance blanche bien prononcée : c'était en quelque sorte une mesure de la transparence de l'eau. L'appareil employé se composait d'une planche de 2 pieds de diamètre, peinte en blanc, et portant un poids attaché de manière qu'en descendant dans le liquide, elle demeurait horizontale. Les résultats, comme on pouvait s'y attendre, ont été très-

dissemblables. A Offak, dans l'île Waigiou, par un temps calme et *couvert*, le 13 septembre, le disque disparut quand il fut descendu de 18 mètres (55 pieds). Le lendemain 14, le ciel étant *serein*, on ne cessa de voir le même disque qu'à la profondeur de 23 mètres (70 pieds). Au port Jackson, les 12 et 13 février (il est facile de reconnaître qu'ici la date a de l'importance), on n'a jamais pu voir la planche à plus de 12 mètres (36 pieds) de profondeur, par un calme plat. La moyenne à la Nouvelle-Zélande, en avril, a été d'un mètre moindre. A l'île de l'Ascension, en janvier, sous des circonstances favorables, les limites extrêmes, dans une série de onze expériences, sont 28 et 36 pieds. Nous avons rapporté ces résultats parce qu'ils se rattachent à d'intéressantes questions dont les naturalistes se sont beaucoup occupés il y a quelques années.

Collection géologique (1).

Cette collection est due aux soins et aux recherches de M. Lesson. Elle n'est composée que de 330 échantillons; mais ces échantillons ont été recueillis avec discernement, et ils proviennent de tous les pays où la corvette a abordé. Ils sont d'ailleurs d'un beau format et parfaitement caractérisés.

Douze de ces échantillons pris aux environs de Sainte-Catherine, sur la côte du Brésil, nous apprennent que cette partie du continent américain appartient aux terrains granitiques ordinaires.

---

(1) Cet article est de M. Cordier.

Trente-trois échantillons provenant des îles Malouines nous confirment que ces îles appartiennent aux plus anciens terrains intermédiaires. M. Lesson n'y a trouvé que des phyllades, des grès quartzeux et des grauwackes, offrant rarement quelques empreintes organiques semblables à celles que nous connaissons ailleurs.

Vingt échantillons ont été recueillis aux environs de la Conception, sur la côte du Chili. Les uns, venant de la presqu'île de Talcaguana, sont de roches talqueuses phylladiformes, et dépendent par conséquent des derniers terrains primordiaux. Les autres, pris sur le continent, offrent des roches granitiques ordinaires, et de plus, de véritable lignite stratiforme qu'on pourrait, au premier aspect, considérer comme de la houille. On exploite ce lignite à Penco; son existence peut faire présumer qu'il existe sur ce point une portion de terrain tertiaire assez étendue.

Deux échantillons de phtanite grisâtre ont été ramassés près de Lima; ils attestent la prolongation des terrains talqueux phylladiformes dans cette partie de la côte du Pérou.

Les environs de Payta, sur la même côte, ont fourni cinquante-deux échantillons très-variés; ce sont : 1° des roches talqueuses phylladiformes, qui, au rapport de M. Lesson, constituent toute la contrée, laquelle appartient par conséquent au sol primordial; 2° des argiles, des grès et des calcaires grossiers, qui composent un territoire considérable dans lequel les couches sont horizontales. Ce vaste lambeau tertiaire est placé sur les roches talqueuses à 150 pieds au-dessus du niveau de la mer; son épaisseur est de 72 pieds dans les escarpemens que

M. Lesson a visités. Des argiles sablonneuses, entrecoupées de quelques veinules de gypse fibreux et de grès quartzeux, constituent les assises inférieures; des variétés nombreuses de calcaire grossier forment les assises supérieures. Ces variétés offrent les analogies les plus remarquables avec plusieurs des variétés du calcaire grossier des environs de Paris. Leur découverte est aussi curieuse qu'importante.

Il a été pris ving-cinq échantillons dans deux des îles de la Société, savoir : à Tahiti et à Borabora. Tous les échantillons de Tahiti sont des laves basaltiques bien caractérisées et peu anciennes. Il en est de même de la plupart de ceux de Borabora; les autres présentent une belle variété de dolérite.

Les environs du port Praslin, à la Nouvelle-Irlande, ont fourni sept échantillons d'un calcaire madréporique récent, semblable à celui qui figure dans la constitution de presque toutes les îles de la mer Pacifique.

A l'île de Waigiou, près de la terre des Papous, M. Lesson a recueilli vingt-une variétés des roches serpentineuses qui abondent sur ce point.

Aux Moluques, l'île de Bourou a fourni six échantillons de talcite phylladiforme, soit carburé, soit quartzifère, et l'île d'Amboine a donné quatre échantillons de calcaire madréporique récent.

Les échantillons recueillis tant dans les contrées voisines du port Jackson, que dans les Montagnes-Bleues, augmentent beaucoup nos connaissances sur ces parties de la Nouvelle-Hollande. Les échantillons, au nombre de soixante-dix, nous offrent, 1° les granites, les syénites quartzifères et les pegmatites, qui constituent le second

plan des Montagnes-Bleues; 2° les grès ferrugineux, et renfermant d'abondantes paillettes de fer oligiste, qui couvrent non-seulement une vaste étendue de pays près des côtes, mais encore le premier plan des Montagnes-Bleues; et 3° le lignite stratiforme qu'on exploite au Mont-Yorck, à 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer, et dont la présence ajoute aux motifs qui portent à penser que les grès ferrugineux de ces contrées appartiennent aux systèmes des terrains tertiaires.

Vingt-sept échantillons ramassés à la terre de Van-Diemen, dans les environs du port Dalrymple, et près du cap Barren, indiquent: 1° des terrains de pegmatite et de serpentine; 2° des terrains intermédiaires coquilliers, formés du grauwake-schistoïde et de pierre calcaire; 3° des terrains très-récens, composés d'argile sablonneuse et ferrugineuse avec géodes de fer hydraté, et du bois fossile à différens états. On distingue en outre de belles topazes blanches ou bleuâtres parmi les galets quartzeux qui ont été recueillis au cap Barren.

Huit échantillons venant de la Nouvelle-Zélande, présentent: 1° une belle variété d'obsidienne; 2° du basalte écailleux passant à la phonolite; et 3° un tuf d'un rouge vif semblable à celui qui figure d'une manière si prononcée dans les montagnes volcaniques du Mezin en France, et de la Chaussée-des-Géans en Irlande. Les naturels s'en servent pour se peindre le corps; ils l'emploient aussi à colorer leurs pirogues.

Enfin, les autres échantillons sont des produits volcaniques provenant de l'Ile-de-France, de l'île de Sainte-Hélène et de l'île de l'Ascension. Les roches de Sainte-Hélène consistent en porphyres trachytiques, celles de

l'île de l'Ascension sont basaltiques, à l'exception d'une belle variété d'obsidienne verdâtre qui est chatoyante comme celle du Pérou.

On voit, par ces détails, que les récoltes géologiques de M. Lesson concourent à compléter les données que nous possédions déjà sur plusieurs parties des vastes contrées parcourues par l'expédition, et qu'elles nous fournissent des documens nouveaux et importans sur plusieurs points qui n'avaient point encore été reconnus.

Zoologie (1).

M. Le capitaine Duperrey, M. Durville, commandant en second, et MM. Lesson et Garnot, officiers de santé, qui s'étaient particulièrement occupés des recherches de zoologie pendant le voyage, se sont empressés de mettre sous nos yeux tous les objets qu'ils ont recueillis, ainsi que les journaux et les registres où ils ont consigné leurs observations; plusieurs de nos collègues du Muséum d'Histoire naturelle ont examiné avec nous ces belles collections; M. Valenciennes, aide-naturaliste de cet établissement, a dressé un catalogue des animaux vertébrés, des mollusques et des zoophytes qui en font partie; et M. Latreille s'est chargé personnellement de la partie des insectes, des crustacés et des arachnides. C'est d'après ces matériaux qu'a été rédigé le compte que nous allons rendre : il était naturel que nous le déclarassions, non-seulement pour marquer notre reconnaissance à ceux qui nous ont secondé,

---

(1) Cet article du Rapport concernant la zoologie a été rédigé par M. Cuvier.

mais encore pour invoquer à l'appui de notre jugement l'autorité qui leur appartient.

Nous devons parler avant tout du bon état de conservation dans lequel ces collections sont arrivées ; c'est en histoire naturelle un mérite de la plus haute importance, et qui élève les expéditions de ces derniers temps infiniment au-dessus de celles qui les ont précédées.

Les naturalistes expérimentés savent que des observations répétées, et des comparaisons scrupuleuses peuvent seules constater l'espèce d'un être organisé, et quand on n'a point commencé par là, tout ce que l'on peut dire de cet être, de ses mœurs, de son utilité ou des particularités de son organisation, demeure sans base ; aussi les ouvrages qui donnent aujourd'hui le plus de tourment aux naturalistes, ceux qui les mettent quelquefois à une sorte de torture, sont ceux des voyageurs qui ont été obligés, par les circonstances où ils se trouvaient, de faire toutes leurs observations pendant la route, sans rapporter ni déposer dans un cabinet connu les objets qu'ils avaient observés. Les descriptions les plus soignées, les figures en apparence le mieux faites, lorsque les objets mêmes ne les accompagnent pas, sont loin d'être toujours en état de satisfaire à ce premier besoin de la science. Il arrive sans cesse qu'à la suite d'une espèce que l'on croyait bien définie par un certain nombre de caractères, vient s'en placer une autre qui a les mêmes caractères que la première, et qui s'en distingue seulement par quelques traits peu apparens que le descripteur, isolé de l'une et de l'autre, n'a pas songé à noter ; si le naturaliste ne peut les voir ensemble et les comparer point à point avec les yeux les

plus attentifs, il ne parviendra jamais à en saisir les différences, et cependant c'est trop souvent sur des données aussi insuffisantes que l'on hasarde les doctrines les plus générales et les plus importantes, telles que la géographie des animaux, les limites de leur extension, et toutes les conséquences qui se rattachent à cet ordre de faits.

Les botanistes tombent moins souvent dans ces inconvéniens, parce que la facilité avec laquelle les végétaux se conservent en herbier leur a procuré de tout temps les moyens de comparer immédiatement les objets de leurs études; mais il n'en est pas de même en zoologie, où, les insectes et les coquilles exceptés, on ne peut former de collections durables sans de grands frais, des soins minutieux et une patience à toute épreuve.

On ne peut donc exprimer trop vivement la reconnaissance que l'on doit au Ministère de la Marine, qui depuis ces derniers temps n'a ordonné aucun voyage scientifique sans y admettre des personnes exercées à la préparation des animaux, et qui leur a donné l'ordre non-seulement de faire sur tous les points la récolte générale de ceux qui se présenteraient, mais encore de les déposer, aussitôt après leur retour, au Cabinet du Roi, où l'Administration prend, de son côté, les mesures nécessaires pour leur conservation, et où, placés au milieu de tous les objets des mêmes genres, ils offrent au naturaliste des moyens assurés d'en fixer positivement et dans tout le détail nécessaire les caractères comparatifs. . . . . (1).

(1) Nous supprimons ici plusieurs paragraphes concernant les meilleurs moyens de faire servir les expéditions maritimes aux progrès de l'histoire naturelle.

Pour revenir à l'objet de ce rapport, nous devons donc déclarer que les hommes estimables attachés comme zoologistes à l'expédition de M. Duperrey n'ont été rebutés par aucune fatigue. Chasseurs et pêcheurs, non moins que préparateurs, ils ont recueilli autant d'objets que l'on pouvait en attendre du nombre et de la durée des relâches qu'ils ont faites; loin de se voir contrarier par les marins, comme il n'est que trop souvent arrivé à d'autres, ils les ont eus tous pour auxiliaires; indépendamment de M. Durville, ils ont été secondés surtout par M. Bérard. Tout ce qu'ils ont recueilli a été conservé malgré les obstacles qu'opposent à ce genre d'opération la chaleur des climats qu'ils ont visités et le peu de secours qu'on y trouve de la part des indigènes; ils ont fidèlement et sans réserve déposé à leur retour leurs collections dans un établissement consacré à la science prise dans son acception la plus élevée, établissement où tous les naturalistes peuvent les étudier en concurrence avec eux, bien que certainement aucun homme digne de ce nom n'aura assez peu de délicatesse pour en rien publier avant eux ou sans leur agrément. A ces objets matériels, ils ont joint des notes détaillées sur les lieux et les temps où ils les ont recueillis, sur les noms qu'on leur donne dans les idiômes des divers peuples, sur les usages qu'on en fait; ils ont consigné dans leurs journaux beaucoup d'observations sur les habitudes des animaux; enfin, avec un talent que Péron lui-même n'avait trouvé que dans les artistes de profession qu'on lui avait adjoints, ils en ont fait des figures soignées et coloriées d'après la nature vivante ou immédiatement après la mort; cette dernière atten-

tion est encore d'un avantage immense pour les poissons, pour les mollusques, et pour les zoophytes, dont les premiers perdent promptement leurs couleurs, et dont les autres changent même de forme au point d'être entièrement méconnaissables ; et en effet, ce ne sera que depuis Péron que l'on aura commencé à connaître véritablement les mollusques et les zoophytes de la zône torride. Les naturalistes russes de MM. Krusenstern et Kotzebue sont même jusqu'à présent les seuls qui partagent avec nos naturalistes français l'honneur d'avoir agrandi ce nouveau domaine de la science. Mais nous ne devons pas nous borner à cet exposé général, et il convient, pour rendre une entière justice à nos zoologistes, que nous entrions dans le détail des matériaux qu'ils ont procurés à l'Histoire naturelle.

Tout ce qui concerne les animaux vertébrés a été recueilli principalement par MM. Lesson et Garnot; ils se sont aussi beaucoup occupés des coquilles, des mollusques, des madrépores; mais c'est surtout M. Durville qui s'est attaché à la recherche des insectes et des autres petits animaux articulés.

L'histoire de l'espèce humaine a attiré leurs premiers regards. Ils se sont procuré des crânes de plusieurs races, autant que le leur a permis le devoir de ne pas blesser le respect de ces peuples pour les tombeaux de leurs pères. Ils ont apporté entre autres ceux d'une peuplade peu connue de l'intérieur de la Nouvelle-Guinée, qui porte le nom d'*Alfourous*.

La classe des quadrupèdes ne pouvait leur fournir beaucoup de grandes espèces, puisqu'ils n'ont point fait de séjour prolongé sur de grandes terres. Ils n'en ont

rapporté que douze; mais dans ce nombre, il en est une, le Lapin *noir* des îles Malouines, qui nous paraît nouvelle pour la science; une autre, le grand Phalanger tacheté, qui n'était point au Muséum d'histoire naturelle, et deux ou trois qui n'y sont qu'en mauvais état.

Deux crânes de l'espèce de Dauphin dite *à scapulaire blanc*, que Péron avait décrite, mais dont il n'avait rien rapporté, sont aussi une acquisition intéressante pour nos collections anatomiques.

Les oiseaux sont beaucoup plus nombreux. Il s'en trouve 254 espèces, et plusieurs y sont à quatre, quelques-unes à six et à huit individus. Sur les 254 espèces, 46 ont paru nouvelles pour la science, c'est-à-dire qu'on ne les croit pas encore décrites par aucun naturaliste; quelques-unes, quoique décrites, manquaient aux collections du Cabinet du Roi; toutes ont de l'intérêt par leur rareté et leur beauté, et d'après les intentions de M. le Ministre de la Marine, celles dont le Cabinet du Roi n'aura pas besoin iront orner ceux que l'on forme dans les ports.

Nous remarquerons, dans le nombre des plus remarquables, un Cassican à reflets métalliques aussi brillans que ceux du Calibé de Buffon, et qui chante mieux que les autres espèces. Nos zoologistes ont eu le soin de rapporter sa trachée-artère. Un des motifs qui avaient fait choisir la Nouvelle-Guinée pour un des principaux buts du voyage était d'y observer les oiseaux de Paradis dans leur climat natal et dans leur état naturel. Ces Messieurs en ont en effet tué sur le sommet des arbres élevés où ils se tiennent, et les ont rapportés dans un état parfait d'intégrité. Ils en ont entre autres une femelle dont on

ne connaissait auparavant qu'un individu incomplet dans un cabinet de Hollande. Le Prion de M. de Lacépède, la Vaginale de Latham, sont aussi de ces genres rares dont on n'avait que très-peu d'individus en Europe, et dont nous devrons une belle suite à cette expédition.

Le nombre des espèces de reptiles est de 63, dont 15 ou 20 au moins seront probablement nouveaux, et dont près du quart manquaient au Muséum. Il s'y trouve entre autres un Python de la Nouvelle-Hollande, long de près de 7 pieds.

Mais c'est surtout dans la classe des poissons que la récolte de MM. Lesson et Garnot a été abondante. Ils en ont rapporté dans la liqueur 288 espèces, presque toutes en nombre et dans un état de conservation très-remarquable, quoiqu'ils n'aient point enlevé les intestins, ce qui les rend doublement précieuses; plus de quatre-vingts, dans le nombre, seront certainement nouvelles, et à mesure qu'on les étudiera, on en trouvera probablement d'autres dans ce cas. On conçoit que ce n'est pas après une première revue qu'il est possible de prononcer sur une classe dont la nomenclature est si difficile.

Mais ce que M. Lesson a fait de particulièrement méritoire pour l'ichtyologie, c'est d'avoir dessiné plus de 70 de ces poissons avec leurs couleurs naturelles : c'est un service rendu à la science, même par rapport aux espèces connues, qui le plus souvent n'ont été décrites en Europe que sur des individus décolorés par le dessèchement ou par la liqueur spiritueuse dans laquelle on les avait apportés. Beaucoup de ces figures sont faites pour nous surprendre par la différence qu'elles nous

montrent entre des couleurs que l'on supposait et celles de la nature. En les faisant graver en couleur comme il l'a fait pour celles des peintres de l'expédition de M. de Freycinet, le Ministère continuera de fournir à l'ichtyologie un genre de matériaux dont elle a trop manqué jusqu'ici ; car on sait que, même dans le fameux ouvrage de Bloch, les figures des poissons étrangers sont presque toutes coloriées à faux ; nous ferons remarquer parmi les plus intéressans des poissons que nos zoologistes ont rapportés, le *Squalus philippi*, dont on n'avait que les mâchoires extraordinaires par leurs dents disposées en spirale ; un genre nouveau de la famille des anguilles, voisin des sphagebranches ; le Macolor, poisson singulier que l'on ne connaissait que par l'ouvrage de Renard, et qui est du genre des diacopes. Leur collection aura surtout le mérite d'éclaircir l'histoire de plusieurs poissons dont on n'avait que des descriptions sans figures dans les manuscrits de Commerson et de Forster.

M. Lesson n'a pas montré moins de discernement en s'attachant à peindre les mollusques d'après le vivant. Ses figures formeront une suite précieuse à celles qu'avait données Péron, et à celles que MM. Quoy et Gaimard commencent à publier. Elles représentent plus de 150 de ces mollusques ou zoophytes, dont un grand nombre sont de la plus grande beauté, soit par les tentacules diversement ramifiées qu'ils étalent, soit par l'éclat et la variété des couleurs dont ils brillent.

Cependant nos naturalistes n'ont point négligé de conserver autant qu'ils l'ont pu ces mollusques et ces zoophytes. Si les contractions et les décolorations qu'ils

subissent ne nous permettent pas de les contempler dans toute leur beauté, nous avons du moins la facilité de prendre connaissance des principaux traits de leur structure, et à-peu-près de tout ce qu'il importe de connaître sur leur organisation intérieure. Les espèces ainsi conservées dans la liqueur vont à plus de 50, dont une vingtaine au moins sont entièrement nouvelles pour nous : telles sont les *glaucus*, l'animal du *concholepas*, une *anatife* presque sans coquilles, qui fera un nouveau genre voisin des *otions*. Les coquilles vont environ à 120 espèces, dont cinquante sont univalves ; il y a entre autres un Monorero remarquable par sa grande taille et sa forme allongée. Parmi les zoophytes conservés dans la liqueur, un grand nombre d'holothuries se font remarquer par leur grandeur et la belle conservation de leurs couleurs. Il y a aussi plusieurs oursins et plusieurs astéries, et un isis hippuris encore enduit de sa croûte à polypes, qui prouve à quel point ce corail est voisin des gorgones.

Comme nous l'avons déjà dit, c'est principalement à M. Durville que l'on devra la riche collection d'insectes qui fait partie des résultats de cette expédition. Cet habile marin s'était chargé en quelque sorte de ce travail par surérogation, et ne s'y livrait que dans les momens de loisir que lui laissaient ses fonctions principales. Aussi le présent qu'il a fait de ses insectes au Muséum peut-il être regardé comme un acte de pure générosité. Déjà, lors de sa revue de la mer Noire avec le capitaine Gauttier, il avait soigné les intérêts du Muséum ; mais dans ce voyage-ci il s'est vu à même de lui prouver encore mieux son zèle et son désintéressement. Les in-

sectes qu'il y a déposés montent à près de 1,200, formant environ 1,100 espèces, savoir : 361 coléoptères, 428 lépidoptères, et le reste pris dans les autres ordres. M. Latreille estime que, sur ce nombre, 450 espèces au moins manquaient au Muséum d'histoire naturelle, et que 300 environ ne sont point encore décrites dans des ouvrages publiés. Elles viennent du Chili, de Lima et Payta dans le Pérou, et plus spécialement du port Praslin dans la Nouvelle-Irlande, d'Offak à la terre des Papous, de Dory à la Nouvelle-Guinée, de Bourou dans les Moluques, d'Otaïti et des Malouines. Quoique le Muséum possédât déja un grand nombre de ces animaux de la Nouvelle-Hollande et du Brésil, il ne laisse pas que d'en acquérir par ce voyage plusieurs espèces dont il était dépourvu, et qui habitent exclusivement ces contrées.

M. Lesson avait aussi formé une collection d'insectes dans laquelle M. Durville a choisi tous ceux qui avaient échappé à ses investigations. C'est encore au zêle de M. Lesson, secondé par M. Garnot, que le Muséum sera redevable d'une soixantaine de crustacés propres aux mers qu'ils ont parcourues, et dont quelques-uns sont nouveaux.

Une louange particulière que nous devons aux officiers dont nous venons d'exposer les travaux, c'est qu'en véritables naturalistes, ils ont tout recueilli, jusqu'aux plus petites espèces, jusqu'à celles qu'ils auraient pu soupçonner d'être communes même sur nos côtes; ils n'ont point imité tant de voyageurs qui, ayant la prétention de faire un choix et de n'apporter que ce qui leur paraît remarquable, négligent précisément ce qui

aurait été intéressant. Nous le répétons parce qu'on ne saurait trop le redire aux voyageurs, le plus savant naturaliste, quand il voit une espèce isolée, est hors d'état de dire si elle n'est pas nouvelle; ce n'est qu'en ayant sous les yeux la série des espèces voisines qu'il peut s'assurer de ses caractères. Ainsi ceux-là sont dans une grande erreur qui en voyage s'occupent d'autre chose que de rassembler des moyens d'études, soit par la préparation, soit par le dessin des choses que la préparation ne peut préserver, soit enfin en écrivant toutes les circonstances fugitives que l'objet ne porte pas avec lui, et qui perdent leur temps à faire des descriptions ou des recherches de nomenclature qu'il faudra toujours recommencer quand on sera arrivé à son cabinet. C'est d'après ces vues que les voyageurs des dernières expéditions ont dirigé et ménagé leur activité : aussi ne leur reste-t-il, pour avoir rempli autant qu'il était en eux les vœux des naturalistes, que d'obtenir du Gouvernement du Roi les moyens de publier leurs découvertes avec promptitude et d'une manière digne de la nation pour l'honneur de laquelle ils ont travaillé (1).

Botanique.

Dans le partage que les officiers attachés à l'expédition de M. Duperrey avaient fait entre eux des divers sujets de recherche dont ils devaient s'occuper, M. Dumont-Durville se trouva naturellement chargé de la botanique. Les riches collections de plantes et d'insectes qu'il avait rapportées, en 1820, de ses campagnes dans

(1) Ici finit l'article de M. Cuvier.

l'archipel Grec et dans la mer Noire, montraient déjà tout ce qu'on pouvait attendre de son zèle et de son expérience. Quoique M. Durville, en sa qualité de commandant en second de la corvette, se trouvât obligé de veiller, dans les ports, à tous les minutieux détails relatifs aux approvisionnemens; quoique la surveillance de l'équipage formât aussi une partie assujettissante de ses fonctions, cet officier, grâce à la bonne harmonie qui a constamment régné sur la *Coquille*, a pu, sans que le service en souffrît, concilier les devoirs de son grade avec les recherches scientifiques. Les régions humides des Malouines; la Silla brûlante de Payta; les îles de Tahiti et Borabora; les plaines de Bathurst au-delà des Montagnes-Bleues; l'archipel des Carolines, sont successivement devenus l'objet de ses explorations. L'herbier qu'il a rapporté se compose de près de 3000 espèces; sur ce nombre on estime qu'il y en a environ 400 nouvelles. Plusieurs autres, quoique déjà connues, sont rares et ne se trouvent pas dans les collections du Muséum d'histoire naturelle.

M. Durville, au reste, ne s'est pas contenté de recueillir les plantes qui s'offraient à ses regards; il les a analysées et décrites avec soin. Celles dont les organes trop délicats n'auraient pas pu être conservés ont été dessinées sur les lieux avec beaucoup de succès par M. Lesson. Les flores particulières des diverses contrées où la *Coquille* a relâché feront connaître dans quels rapports numériques les familles, les genres et les espèces s'y trouvent distribués. On ne voit pas, par exemple, sans surprise que, dans une étendue de plus de 4000 lieues, dans toute la zone *intertropicale*, depuis

l'Ile-de-France jusqu'à Otahiti et beaucoup au-delà, sur les îles comme sur les continens, le règne végétal offre un très-grand nombre d'espèces identiques; tandis que les îles de Sainte-Hélène et de l'Ascension, situées aussi sous cette zone dans l'Océan Atlantique, produisent des espèces qui leur sont particulières, et qu'on ne retrouve ni au Brésil, ni en Afrique, par les mêmes latitudes.

M. Durville, ayant eu l'attention de noter autant que possible le degré de fréquence relative de chaque espèce végétale, dans tous les terrains qu'il a parcourus, aura ainsi fourni à ceux qui s'occupent spécialement de la géographie botanique de précieuses données. Les notes dont ses herbiers sont accompagnés, sur l'utilité de certaines espèces de plantes dans l'économie domestique, sur la nature et l'élévation du sol où elles croissent, sur les noms qu'elles portent dans les diverses îles, ne sont pas moins curieuses. Ajoutons que durant son voyage M. Durville avait envoyé au Muséum divers paquets de graines : les espèces qui en proviennent y sont maintenant cultivées. Les objets nombreux recueillis et observés par cet officier étendront notablement le domaine des sciences naturelles, et lui assurent la reconnaissance de tous ceux qui les cultivent.

Relation historique.

Les documens que rapporte l'expédition sur les mœurs et les habitudes des diverses peuplades des Carolines, sur les indigènes de la Nouvelle-Zélande, sur les habitans d'Otahiti, si différens aujourd'hui de ceux que Cook et Bougainville y trouvèrent, nous ont paru pleins d'intérêt. Les vocabulaires des langues de ces îles que

M. Duperrey a recueillis sont très-nombreux. On en doit quelques-uns aux propres recherches de nos voyageurs. Le plus grand nombre leur a été communiqué par les missionnaires anglais. Ces vocabulaires exciteront au plus haut degré la curiosité de ceux qui cherchent à retrouver comment la migration des peuples s'est opérée dans la vaste étendue de la mer du Sud. L'on devra à M. Gabert, agent comptable, auquel les langues européennes sont devenues familières, des renseignemens curieux sur l'état du commerce et de l'industrie des colonies visitées par la *Coquille*. Quant aux traits physiques des habitans de ces divers archipels, ils sont représentés dans une série de 43 portraits exécutés avec beaucoup de talent, à l'aide de moyens optiques, par M. Lejeune. La ressemblance, d'après le témoignage unanime des officiers de la *Coquille*, est plus parfaite qu'on ne l'avait jamais obtenue par d'autres méthodes. On doit encore à M. Lejeune 57 dessins de costumes; 40 petits tableaux; 83 vues ou paysages; enfin, 59 dessins représentant des armes, des ustensiles de ménage et divers autres objets. L'auteur de ce riche porte-feuille n'avait été embarqué sur la *Coquille* que comme amateur. Un dessinateur en titre et soldé eût difficilement montré, comme on voit, plus de zèle et d'activité. Personne n'aura de doute sur l'heureux parti qu'on tirera de plusieurs de ces dessins pour orner la relation historique du voyage, quand nous aurons annoncé que M. le général Lejeune veut bien consentir à devenir, dans ce travail, le guide de son neveu. M. Bérard, dont nous avons eu déjà si souvent l'occasion de signaler l'activité, a dessiné avec un succès très-remarquable toutes les espèces de pirogues,

dont se servent les habitans des nombreux archipels de la mer du Sud. C'est un travail complet en son genre, et qui fournit plus d'une occasion d'admirer à quel point le besoin et une longue expérience suppléent aux connaissances scientifiques.

Conclusion.

L'Académie trouvera, dans les analyses qui précèdent, la preuve que le voyage de la *Coquille* mérite d'occuper un rang distingué parmi les plus brillantes expéditions scientifiques exécutées, soit par la marine française, soit par celles des autres nations. La Commission n'a qu'un vœu à émettre : c'est qu'une publication prompte et détaillée mette le monde savant en possession des richesses aussi nombreuses que variées dont on est redevable au zèle, au talent et à l'infatigable activité de M. Duperrey et de ses collaborateurs.

Sur *la Réduction de la longueur du pendule, au niveau de la mer.*

Par M. le Marquis de Laplace.

Définissons d'abord le niveau de la mer, relatif à un point quelconque des continens. Pour m'en former une idée juste, j'ai imaginé, dans le livre xi de la *Mécanique céleste*, un fluide extrêmement rare, répandu autour de la terre, très-peu élevé au-dessus de sa surface; mais assez élevé pour en embrasser les plus hautes montagnes : telle serait l'atmosphère terrestre réduite à sa

moyenne densité. Je le nommerai, par cette raison, *atmosphère*. J'ai fait voir, dans le livre cité, que les points de cette atmosphère sont tous à la même hauteur au-dessus de la surface de la mer. Je conçois donc cette surface prolongée dans l'intérieur des continens, de manière à remplir la même condition, celle d'avoir tous ses points également abaissés au-dessous de la surface de l'atmosphère : elle sera ce que je nomme *surface de niveau de la mer* : la distance verticale d'un point du continent à cette surface est ce que j'entends par sa hauteur au-dessus du niveau de la mer.

Cette hauteur peut être déterminée de deux manières. Si l'on imagine dans un plan quelconque, à partir d'un point du continent jusqu'à la mer, une suite de verticales très-rapprochées ; que l'on joigne le pied de chaque verticale à la verticale voisine par une ligne horizontale, la somme des parties de ces verticales comprises entre les lignes horizontales et la surface de la terre, sera la hauteur du point au-dessus du niveau de la mer que donne une suite de nivellemens. Cette somme est la différence des deux verticales extrêmes prolongées jusqu'à la surface de l'atmosphère. En effet, il est facile de prouver que la direction de la pesanteur est, aux quantités près du second ordre, la même au pied de chaque verticale et au point où son prolongement coupe la surface de l'atmosphère à laquelle elle est perpendiculaire par la condition de l'équilibre. Je nomme *quantité du premier ordre* le rapport de la hauteur de l'atmosphère au rayon terrestre. La ligne horizontale qui joint le pied d'une verticale à la verticale voisine est donc parallèle à la ligne qui joint les points où ces ver-

ticales coupent la surface de l'atmosphère ; d'où il est facile de conclure que la différence des deux verticales extrêmes est égale à la hauteur du point au-dessus du niveau de la mer, déterminée par le nivellement. Le baromètre fait connaître cette différence, et donne ainsi un second moyen d'obtenir la hauteur du point au-dessus du niveau de la mer ; hauteur évidemment égale à la distance verticale de ce point à la surface du niveau de la mer, telle que nous l'avons définie.

De là, il suit qu'en diminuant la longueur du pendule à secondes, observée à un point du continent, du double de son produit par la distance verticale du point à la surface de l'atmosphère, le rayon terrestre étant pris pour unité, on aura cette longueur telle qu'on l'observait au point correspondant de cette surface. En augmentant la même longueur du double de son produit par la hauteur du point au-dessus du niveau de la mer, on aura cette longueur réduite à ce niveau.

Imaginons, par exemple, que la terre soit une sphère recouverte en partie par la mer dont nous supposons la densité très-petite par rapport à la moyenne densité de la terre. Un calcul fort simple fait voir que, dans ce cas, la mer recouvrira l'équateur, et qu'elle s'étendra également vers chaque pole dont elle approchera d'autant plus que son volume sera plus considérable. Les surfaces de la mer et de l'atmosphère seront elliptiques et semblables, et leur aplatissement sera la moitié du rapport de la force centrifuge à la pesanteur, à l'équateur. Les accroissemens de la longueur du pendule à secondes sur ces deux surfaces, en allant de l'équateur aux poles,

seront égaux au double du produit de cette longueur par ce rapport et par le carré du sinus de la latitude.

Si l'on conçoit la surface elliptique de la mer prolongée dans l'intérieur des continens, la distance d'un point à cette surface sera la hauteur de ce point au-dessus du niveau de la mer. A mesure que l'on s'avancera sur les continens vers les poles, on montera sans s'éloigner du centre de la terre. La longueur du pendule à secondes croîtra sans cesse, mais la moitié moins qu'à la surface de l'atmosphère ; en sorte que, pour réduire la longueur du pendule observée sur un point du continent à la longueur qu'on observerait sur le point correspondant de cette surface, il faut la diminuer de son produit par le double de la distance mutuelle de ces deux points, le rayon terrestre étant pris pour unité. Les deux surfaces de la mer et de l'atmosphère étant partout à la même distance, on réduira au niveau de la mer la longueur du pendule observée sur le continent en l'augmentant de son produit par le double de la hauteur du point d'observation au-dessus de ce niveau. Ce n'est que par une réduction semblable que l'ellipticité conclue de la mesure des degrés terrestres, ajoutée à l'accroissement de la longueur du pendule sous le pole divisée par cette longueur, forme une somme égale à $\frac{5}{2}$ du rapport de la force centrifuge à la pesanteur à l'équateur.

La règle précédente de réduction est générale, quelles que soient la densité de la mer et la figure du sphéroïde terrestre, dans le cas même où cette figure serait discontinue. On ne doit point, dans la réduction de la longueur du pendule à secondes au niveau de la mer, tenir compte de l'attraction des parties des continens qui s'é-

lèvent au-dessus de ce niveau, pourvu que leurs pentes soient très-petites et du même ordre que l'ellipticité du sphéroïde terrestre. Tel est le cas de la longueur du pendule observée à Paris. La hauteur du lieu de l'observation au-dessus du niveau de la mer étant à-peu-près un cent millième du rayon terrestre; pour rapporter à ce niveau la longueur du pendule à secondes sexagésimales, il faut diminuer cette longueur, de deux centièmes de millimètre. Dans tous les cas semblables, lorsque les dimensions des continens sont considérables par rapport à la hauteur de l'atmosphère, l'attraction des parties des continens qui s'élèvent au-dessus du niveau de la mer augmente à-peu-près de la même quantité la pesanteur aux points correspondans des surfaces des continens et de l'atmosphère. Si la pente est rapide, par exemple, quand on s'élève sur une montagne, il devient nécessaire de considérer l'attraction de la montagne; mais le calcul de cette attraction présente de grandes difficultés pour la solution desquelles on ne peut prescrire de règles générales. Il convient donc de ne point faire usage des observations faites dans de pareilles circonstances pour avoir la figure de l'atmosphère, que l'on peut considérer comme la vraie figure de la terre; puisque c'est elle que déterminent les mesures des degrés des méridiens et des longueurs du pendule réduites, comme nous venons de le prescrire, au niveau de la mer.

Rendons les résultats précédens sensibles par un exemple. En soumettant au calcul les effets de l'attraction d'un paraboloïde élevé entre deux mers au-dessus de leur niveau; on trouve que si le rayon osculateur au sommet de ce paraboloïde est fort grand par rapport à l'élévation

de ce point, et même à la hauteur de l'atmosphère; les pesanteurs à ce sommet et au point correspondant de l'atmosphère seront, par l'attraction du paraboloïde, augmentées d'une même quantité égale à $\frac{3}{2}$ de la pesanteur terrestre, multipliée par la densité du paraboloïde et par sa hauteur, le rayon et la densité moyenne de la terre étant pris pour unités. Il ne faut donc, pour réduire la longueur du pendule à secondes observée à ce sommet, à celle que l'on observerait au point correspondant de l'atmosphère, que diminuer la première de ces longueurs de son produit par le double de la distance de ces deux points; et pour la réduire au niveau de la mer, il suffit de l'augmenter de son produit par le double de la hauteur du paraboloïde.

Il peut paraître singulier de ne point avoir égard, dans cette réduction, à l'attraction du paraboloïde; de ne considérer, par exemple, que l'élévation de Quito au-dessus du niveau de la mer, pour réduire à ce niveau la longueur du pendule à secondes observée dans cette ville. On fera disparaître ce que cette réduction semble offrir de paradoxal, en imaginant dans l'intérieur de la terre et très-près de sa surface, un second paraboloïde pareil à celui que nous venons de considérer, mais creux dans son intérieur. Cette cavité diminuera la longueur du pendule à secondes observée au point de la surface terrestre correspondant au sommet de ce second paraboloïde, de la même quantité dont elle est augmentée au sommet du premier paraboloïde, par l'attraction de ce corps supposé de même densité que la partie de la terre remplacée par le second paraboloïde. Si ce point de la surface terrestre est au niveau de la mer,

on ne fait aucune réduction à la longueur du pendule à secondes que l'on y observe : on n'a point égard à l'attraction, si je puis ainsi dire, négative de la cavité formée par le second paraboloïde ; on en conclut seulement l'existence d'une cause locale qui diminue la pesanteur terrestre, et dont on peut déterminer l'intensité, en comparant la longueur du pendule observée à ce point avec celle qui résulte de l'ensemble des observations de ce genre faites sur un grand nombre de points de la terre. On doit ainsi considérer les parties vastes et élevées des continens, et les immenses cavités de l'intérieur de la terre, comme autant de causes locales qui produisent des irrégularités dans les degrés terrestres et dans la pesanteur réduits au niveau de la mer ou de l'atmosphère. Avoir égard aux effets de ces causes, est une opération différente de la réduction au niveau de la mer : c'est corriger les irrégularités de la surface de ce niveau et de la pesanteur à cette surface.

On peut déterminer par le calcul les changemens que produirait à la surface de la terre, une cavité souterraine dont la surface serait celle d'un solide pour lequel la loi d'attraction sur un point quelconque extérieur serait connue : telle est une cavité elliptique. Mais ce cas est purement mathématique, et dans la nature ces cavités ont une forme irrégulière. Lorsqu'elles sont trop profondes pour que l'on puisse y pénétrer, les irrégularités que l'on observe soit dans les distances zénithales des astres, soit dans la longueur du pendule à secondes, peuvent les faire reconnaître. Par là, ce genre d'observation devient utile à la géologie.

Note *relative au Mémoire sur les Roues verticales à aubes courbes, inséré dans les* Annales de Chimie et de Physique, *tome* XXX, *p.* 136.

Par M. Poncelet.

Ce Mémoire est conforme à la copie que j'ai adressée, en décembre 1824, à l'Académie royale des Sciences; mais ayant été obligé de le rédiger fort à la hâte, et n'ayant pu le revoir depuis cette époque, ni surveiller l'impression des deux premières parties, il y est resté plusieurs fautes, dont les unes de pure rédaction sont peu importantes pour le fond du sujet, et dont les autres, relatives à la théorie et aux principes de construction de la nouvelle roue, doivent être rectifiées sans retard, afin de ne pas induire en erreur les personnes qui voudraient en faire usage. Cela me paraît d'autant plus important que quelques-unes de ces rectifications sont également à faire à la Notice imprimée dans le *Recueil de la Société académique de Metz*, et que j'ai eu, depuis l'envoi de mon Mémoire à l'Institut, l'occasion de faire plusieurs observations qu'il ne sera pas sans intérêt de rapporter ici.

Par exemple, j'ai fait sur les moulins à pilons de la poudrerie de Metz, des expériences qui constatent d'une manière positive que, pour les roues à palettes ordinaires offrant peu de jeu dans le coursier, l'augmentation d'effet due aux rebords du chevalier Morosi, ne s'élève pas au quinzième de l'effet total, quoique la saillie de ces rebords fût d'environ 8c. ou 3 pouces. Pour arriver à ce résultat, j'ai examiné quelles étaient les

quantités d'action nécessaires à dépenser sur la roue hydraulique, pour produire, dans les deux cas, un effet utile semblable, ou le même nombre de coups de pilons dans un temps donné : or, après avoir atteint ce but par des tâtonnemens assez longs, j'ai fait varier l'effort dépensé par l'eau d'une quantité égale à la différence observée, et je me suis convaincu que cette différence n'influait pas assez sur le mouvement de la machine, pour qu'il en fût altéré d'une manière appréciable : ainsi l'augmentation d'effet due aux rebords pourrait, à la rigueur, être négligée dans le cas actuel.

Ces conclusions me paraissent plus exactes que celles qu'on pourrait déduire des expériences de M. Christian rapportées dans les considérations préliminaires du Mémoire, et elles confirment ce que l'on y a avancé, que les liteaux ne sont vraiment utiles que pour les roues qui offrent beaucoup de jeu dans le coursier, ou qui se meuvent dans un fluide indéfini. On peut même croire, d'après la théorie, que l'effet des liteaux serait le plus avantageux possible, pour les roues horizontales à palettes planes, employées dans certaines localités, et dont l'eau s'échappe librement en tout sens aussitôt qu'elle a choqué; mais alors on retombe dans les *roues à cuillers*, dont les avantages sur les roues à palettes planes sont généralement reconnus et sentis.

Venons-en maintenant aux rectifications annoncées en nous bornant aux plus essentielles; car il est inutile, par exemple, de remarquer des incorrections telles que celles des N°s 3, 4 et 10, où l'on trouve cette expression :

$$\left(\frac{V-v}{2g}\right)^2 \text{ au lieu de } \frac{(V-v)^2}{2g},$$

et l'équation $P = 203,8943\ DV^{\text{kil.}}$, au lieu de $P = 101,9472\ DV^{\text{kil.}}$; de telles erreurs sont faciles à rectifier : il n'en est pas ainsi des suivantes.

L'article 6, en particulier, renferme quelques erreurs de chiffres et de notation : l'angle $c'bd$ surpassant, d'après les calculs, 46°, l'inclinaison moyenne des courbes sur la circonférence de la roue peut être portée à 24° au lieu de 23. L'indication des angles $c'bd$, cbd ou L et B est d'ailleurs fautive, et l'expression exacte de la vitesse perdue suivant la perpendiculaire au plan choqué est $V \sin(L-B) - v \sin L$; la limite de la force vive perdue est ainsi $0,05 \sin V^2$ au lieu de $0,04 \sin V^2$.

Dans le N° 7, on prescrit de prendre pour l'inclinaison du premier élément des courbes un angle de 10 à 15° au lieu de 23; mais en écrivant ce passage, je n'avais pas fait attention à la nécessité de donner une certaine facilité à l'entrée de l'eau sur la roue et à sa sortie ; on conçoit en effet que la diminution de cet angle tend, tout restant le même d'ailleurs, à diminuer l'ouverture comprise entre les courbes : or, l'inconvénient croîtra avec l'épaisseur de la lame d'eau introduite dans le coursier. Ainsi l'on fera très-bien de s'en tenir à l'angle moyen de 24°, lorsque cette lame embrassera la roue sous un arc de 25°; et en général on pourra prendre pour l'inclinaison du premier élément des courbes, un angle un peu moindre que celui qui répond à l'arc embrassé par la lame d'eau dans les différens cas, arc qui est évidemment la mesure de l'angle formé par le filet fluide supérieur DE (fig. 4) de cette lame d'eau, avec la circonférence extérieure de la roue, ou la tangente en E à cette circonférence.

D'après cela, il sera facile de modifier le tracé des courbes indiqué au N° 9 ; car, au lieu de prendre l'angle *obe* égal à 10°, comme on l'a prescrit, on le fera à-peu-près égal à celui que forme en *E* le filet supérieur *DE* de l'eau introduite dans le coursier, avec la tangente de la circonférence extérieure de la roue, ou, ce qui est la même chose, égal, environ, à l'angle fermé en *E*, par le rayon *AE* et la perpendiculaire à *DE*.

La nécessité de donner une certaine ouverture à l'angle *obe* est constatée d'ailleurs par l'expérience que M. Marin de Briey, près de Metz, a eu occasion d'en faire dernièrement. Ce fabricant ayant construit pour ses filatures une roue à aubes selon les principes du N° 9, il obtint d'excellens résultats lorsque la lame d'eau introduite dans le cousier avait seulement 3 ou 4 pouces d'épaisseur ; mais quand on donnait beaucoup plus d'eau, elle ne pouvait entrer toute dans les augets, et l'effet diminuait au lieu d'augmenter. M. Marin fit disparaître cet inconvénient en inclinant moins les aubes sur la circonférence de la roue ; le résultat fut un tiers plus d'ouvrage qu'avec l'ancienne roue, qui d'ailleurs était bien construite, puisque les aubes inclinées aux rayons étaient enfermées entre deux cônes creux, et se mouvaient dans une portion circulaire du coursier. D'après les renseignemens qui m'ont été transmis par M. Marin lui-même, car j'ai le regret de n'avoir pu me rendre sur les lieux, le vannage n'aurait point été incliné en avant, et l'on aurait négligé diverses précautions de détail consignées dans le Mémoire.

Au surplus, il est essentiel de remarquer que l'inconvénient ci-dessus ne s'est point rencontré dans les expé-

riences relatives au modèle de roue représenté figures 1, 2 et 3; l'on avait, en effet, donné aux aubes une inclinaison de 30° sur la circonférence extérieure de la roue, ce qui suffisait à toutes les épaisseurs des lames d'eau successivement introduites dans le coursier : la même observation est à faire relativement à la roue exécutée à Falck, dont il sera question plus loin; cette roue ayant été construite sur les dessins qui ont servi pour établir le modèle en petit.

Dans les N°s 10 et 11 du Mémoire, on a cherché à déterminer l'emplacement du seuil du coursier d'après le temps que l'eau emploie à monter le long des courbes et à déverser de la roue : or, ayant supposé implicitement que l'eau s'élevait dans cette roue suivant une verticale, tandis qu'elle décrit réellement une courbe, il en résulte que l'on n'a obtenu pour la distance à laquelle on doit placer le seuil, qu'une limite en deçà de laquelle il ne saurait être situé. La difficulté de déterminer par le calcul, même d'une manière approximative, le point où se fait le versement de l'eau, nous porte à fixer l'emplacement du seuil par les considérations suivantes :

1°. La direction BC (fig. 1 et 4) du fond du coursier, étant nécessairement tangente en C à la circonférence extérieure de la roue, et l'eau continuant à agir sur chaque courbe au moins jusqu'à ce que la précédente soit arrivée en C, le seuil F ne doit pas être placé en deçà de ce point, mais au-delà, à une distance CF qui ne devra pas être moindre que l'intervalle compris sur la circonférence de la roue, entre deux aubes consécutives; 2°. la roue devra être emboîtée de C en F,

dans une portion circulaire du coursier tangente à son fond *BC*, afin que le jeu par lequel l'eau pourrait s'échapper en-dessous des courbes, soit le moindre possible et ne puisse excéder celui qui est strictement nécessaire ; 3°. enfin, la perte d'effet due à ce que l'eau verse au-delà du point le plus bas de la roue, outre qu'elle sera naturellement très-faible, pourra, dans chaque cas particulier, être beaucoup diminuée, en enfonçant un peu l'arête *F* du seuil, au-dessous du niveau du canal de décharge, ou en inclinant convenablement le fond *BC* du coursier, de façon à rapprocher du pertuis, le point *C* de contact de ce fond et de la roue.

D'après cela, les remarques contenues dans le N° 12 du Mémoire deviennent également sans objet; quant au surplus de ce Mémoire qui concerne la partie expérimentale, il ne renferme aucune inexactitude assez grave pour qu'il soit nécessaire d'en parler ici ; il en est de même de la planche, si ce n'est que, dans les figures 1 et 2, on a oublié de représenter la ventelle extérieure qui existait dans le modèle, et que, dans la figure 5, le fond rectiligne du coursier ne se trouve pas tangent à sa partie circulaire comme il doit l'être : nous ferons aussi remarquer que la lettre *C* manque, dans la fig. 4, à l'origine de cette partie circulaire, et que la disposition des joues du coursier exprimée fig. 1, 2, 3, 5 et 6, est uniquement relative à l'appareil mis en usage ; c'est-à-dire, que ces joues ont été limitées au point *C*, tandis qu'il n'y a aucun inconvénient à les prolonger jusqu'en *F* au seuil du coursier, afin d'empêcher l'eau de s'échapper latéralement de *C* en *F*.

Je terminerai cette Note en rapportant les résultats

qui ont été obtenus par M. Robert de Falck, dans un petit moulin auquel il a appliqué la nouvelle roue : ces résultats m'ont été communiqués par M. de Gargan, ingénieur des Mines du département de la Moselle, qui en a recueilli les données sur place.

Ce moulin allait anciennement au moyen d'une roue à augets et d'une chute assez forte ; mais le propriétaire en ayant dérivé les eaux de la partie supérieure pour s'en servir dans d'autres usines, la chute s'est trouvée réduite au tiers ou au quart de ce qu'elle était primitivement : or, l'ancien équipage n'ayant pas été changé, les résistances nuisibles sont restées presque les mêmes. Cela posé, il résulte des mesures prises pendant le travail, que la hauteur d'eau au-dessus du seuil du pertuis était de $0^{m.},84$, tandis que l'aire de ce pertuis avait $0^{m.}35$ de largeur sur $0^{m.},135$ de hauteur ; l'eau sortait donc avec une vitesse de $3^{m.}89$, et produisait une dépense théorique de $0^{m.},184$ ou $184^{kil.}$ d'eau par seconde, qu'il convient de réduire à $0,67 . 184 = 123^{kil.}$, à cause que la contraction n'avait lieu que sur le sommet et les côtés de l'orifice. D'une autre part, on doit supposer, avec M. Navier, (*Architecture hydraulique de Bélidor*, note *dn*, § 3) que la vitesse théorique $3^{m.},89$ se trouvait réduite à $0,89 . 3,89 = 3^{m.},46$ près de la roue ; la hauteur due à cette vitesse étant $0^{m.},61$, la quantité d'action possédée par l'eau à son entrée dans la roue était ainsi $123^{kil.} . 0^{m.},61 = 75^{kil.}$ élevés à $1^{m.}$ par seconde. M. de Gargan ayant trouvé que le produit en farine était de $31^{kil.}$ par heure ou $0^{kil.},0086$ par seconde, cela équivaut, suivant l'estimation de Montgolfier (*voy.* l'ouvrage cité, note *di*), à une quantité d'action de $\frac{75000}{117} . 0,0086 = 55^{kil.}$

élevés à $1^{m.}$, toutes résistances comprises ; le rapport de la quantité d'action utilisée à celle qui est dépensée, est donc $\frac{55}{75} = 0,73$, résultat qui confirme ceux qui ont été obtenus dans les expériences en petit du Mémoire.

On remarquera d'ailleurs que la roue, construite d'après celle de nos expériences, avait $4^{m.},05$ de diamètre, et faisait 10 tours par minutes ; ce qui suppose une vitesse de $2^{m.},12$ par seconde, égale aux $\frac{212}{346} = 0,61$ de celle possédée par l'eau à son entrée sur la roue ; cette vitesse était donc un peu trop forte. Du reste, en comparant l'effet utilisé $55^{kil.}$, à l'effet dépensé en vertu de la chute totale, qui était ici de $0^{m.},92$, on trouve un rapport qui s'éloigne peu de $\frac{1}{2}$, et qui eût été plus avantageux encore si l'on avait su tirer un meilleur parti de la force de l'eau, en évitant les contractions, et en appropriant le mécanisme du nouveau moulin et les dimensions des meules, à la petitesse de la force disponible.

Metz, le 14 décembre 1825.

Résumé *des Observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Paris en* 1825.

Tableau *de la marche moyenne du thermomètre centigrade et de l'hygromètre de* Saussure.

Noms des mois.	Températures moyennes.	Température moyenne de 9 heures du matin.	Température moyenne des caves.	État de l'hygrom. de Saussure à 3 heures après midi.
Janvier.	+ 3°,5	+ 3°,1	12°,150	90°
Février.	+ 4,3	+ 3,3	12,153	81
Mars.	+ 5,6	+ 5,3	12,153	65
Avril.	+ 11,9	+ 13,4	12,153	58
Mai.	+ 14,2	+ 15,8	12,154	62
Juin.	+ 17,0	+ 19,6	12,155	57
Juillet.	+ 20,3	+ 22,4	12,155	50
Août.	+ 19,4	+ 20,9	12,165	67
Septemb.	+ 17,9	+ 18,5	12,175	68
Octobre.	+ 12,2	+ 11,9	12,171	83
Novemb.	+ 7,3	+ 6,9	12,153	89
Décemb.	+ 6,4	+ 5,5	12,158	96
Moyenn.	+ 11,67	+ 12,17	12,158	72°

En 1825, par exception, la température moyenne du mois d'avril approche plus de la température moyenne de l'année que celle d'octobre.

La moyenne de 9 heures, *surpasse*, à l'ordinaire, d'une fraction de degré celle de l'année. On peut donc, dans nos climats, déterminer sans erreur bien sensible la chaleur moyenne *annuelle*, à l'aide des seules obser-

vations de 8 heures du matin. Il importe toutefois de remarquer que cet accord de la moyenne de 8 heures avec celle qu'on déduit de la combinaison des températures *maxima* et *minima*, n'existe que pour l'année entière, et que, dans les divers mois, les différences, tantôt positives et tantôt négatives, sont assez considérables.

TABLEAU *des* maxima *et des* minima *moyens du thermomètre centigrade, en* 1825.

NOMS DES MOIS.	MAXIMUM moyen.	MINIMUM moyen.	DIFFÉRENCES.
Janvier.	+ 5°,3	+ 1°,6	3°,7
Février.	+ 7,1	+ 1,3	5,8
Mars.	+ 9,7	+ 1,5	8,2
Avril.	+ 17,2	+ 6,5	10,7
Mai.	+ 19,2	+ 9,2	10,0
Juin.	+ 22,4	+ 11,7	10,7
Juillet.	+ 26,1	+ 14,5	11,6
Août.	+ 24,0	+ 14,8	9,2
Septembre.	+ 22,4	+ 13,3	9,1
Octobre.	+ 15,5	+ 8,8	6,7
Novembre.	+ 9,7	+ 5,0	4,7
Décembre.	+ 8,2	+ 4,5	3,7

TABLEAU *des variations extrêmes du thermomètre centigrade, durant chaque mois de l'année* 1825.

NOMS DES MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFÉRENCES.
Janvier.	+ 10°,8	— 2°,5	13°,3
Février.	+ 13,0	— 2,2	15,2
Mars.	+ 18,4	— 5,0	23,4
Avril.	+ 22,8	+ 0,8	22,0
Mai.	+ 26,9	+ 4,5	22,4
Juin.	+ 28,8	+ 5,9	22,9
Juillet.	+ 36,3	+ 9,5	26,8
Août.	+ 33,0	+ 10,3	22,7
Septembre.	+ 27,1	+ 8,1	19,0
Octobre.	+ 22,0	+ 1,5	20,5
Novembre.	+ 13,8	— 1,3	15,1
Décembre.	+ 13,0	— 8,0	21,0

A l'ombre et au nord, les températures extrêmes, en 1825, ont été + 36°,3 et — 8°,0 centigrades.

Dans les caves, à 86 pieds de profondeur, la plus grande variation a été de $\frac{25}{1000}$mes de degré. La moyenne corrigée de l'erreur de graduation que nous avons reconnue il y a quelques années, est + 11°,78 centigrades, c'est-à-dire, supérieure de $\frac{1}{10}$me de degré seulement à la température moyenne de 1825.

Le 20 juillet, à 3 heures, pendant que le thermomètre placé à l'ombre et au nord du bâtiment de l'Observatoire marquait + 33° centigrades, un autre thermomètre exposé au soleil, sur le gravier de rivière dont la terrasse est recouverte, monta jusqu'à + 53° centig. Quand la boule de ce même thermomètre placé égale-

ment au soleil était recouverte de la terre fine du jardin, l'alcool s'élevait jusqu'au 55me degré centigrade.

Au même instant, des thermomètres dont les boules sont enfoncées en terre, marquaient :

Celui de 1 pied ½ de profondeur...	+ 27°,85 centig.
de 3 pieds..............	+ 22,30
de 6 pieds..............	+ 17,50
de 10 pieds..............	+ 14,50
de 20 pieds..............	+ 11,59
de 25 pieds..............	+ 11,43
de 86 (dans les caves)......	+ 11,77

TABLEAU *de la marche moyenne du baromètre en* 1825.

(Toutes les hauteurs sont réduites à 0° de température.)

Mois.	9 heur. du matin.	Midi.	3 heur. du soir.	9 heur. du soir.
	mm	mm	mm	mm
Janvier.	765,15	764,76	764,39	764,61
Février.	763,39	763,15	762,52	762,54
Mars.	760,31	759,94	759,15	759,24
Avril.	758,31	757,85	757,07	757,35
Mai.	756,80	756,49	755,91	755,96
Juin.	757,45	757,03	756,46	756,36
Juillet.	758,66	758,20	757,55	757,56
Août.	756,24	755,96	755,52	755,62
Septem.	755,63	755,34	754,70	754,85
Octobr.	758,63	758,52	758,11	757,69
Novem.	753,50	753,27	752,72	753,14
Décem.	749,17	749,04	748,70	748,60
Moyen.	757,77	757,46	756,90	756,97

Le mouvement descendant du baromètre entre 9 heures du matin et 3 heures de l'après-midi, s'est manifesté

tous les mois de l'année 1825. Le mouvement ascensionnel du soir a souvent manqué : sur la moyenne de l'année il n'est pas d'un dixième de millimètre.

TABLEAU *des oscillations extrêmes du baromètre, en* 1825.

MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFÉRENCES.
	mm	mm	mm
Janvier.	776,35	747,98	28,37
Février.	773,07	744,80	28,27
Mars.	772,05	739,80	32,25
Avril.	766,65	741,73	24,92
Mai.	764,80	748,75	16,05
Juin.	766,92	744,08	22,84
Juillet.	763,85	753,00	10,85
Août.	764,60	746,78	17,82
Septembre.	764,84	741,60	23,24
Octobre.	770,20	729,53	40,67
Novembre.	766,94	726,82	40,12
Décembre.	762,08	737,48	24,60

Tableau *de la quantité de pluie qu'on a recueillie en 1825 à l'Observatoire royal, tant sur la terrasse que dans la cour.*

(La différence de niveau des deux récipiens est de 28 mètres.)

NOMS des Mois.	PLUIE sur la terrasse, en centimètres.	PLUIE dans la cour, en centimètres.	NOMBRE de jours de pluie.
Janvier.	2,010	2,613	17
Février.	2,426	3,130	5
Mars.	2,035	2,290	7
Avril.	5,349	5,786	11
Mai.	5,930	6,436	13
Juin.	1,908	2,068	6
Juillet.	0,145	0,175	2
Août.	3,455	3,685	15
Septembre.	5,390	5,495	9
Octobre.	4,449	4,975	16
Novembre.	10,505	11,495	20
Décembre.	3,280	3,785	14
Sommes.	46,882	51,933	135

Etat *des crues de la Seine en* 1825.

NOMS des Mois.	MAXIMUM de hauteur.	MINIMUM de hauteur.
Janvier.	5m,30, le 1er.	1m,69, le 31.
Février.	2,85, le 11.	1,55, le 28.
Mars.	3,80, le 5.	1,22, le 31.
Avril.	1,19, le 2.	0,65, le 26.
Mai.	0,95, le 16.	0,61, le 12.
Juin.	0,86, le 1er.	0,20, le 24.
Juillet.	0,29, le 3.	— 0,10, le 31.
Août.	0,23, le 24.	— 0,12, le 8.
Septembre.	0,15, le 18.	0,08, le 30.
Octobre,	0,61, le 31.	— 0,06, le 17.
Novembre.	2,51, le 30.	0,51, le 1er.
Décembre.	4,50, le 10.	1,75, le 27.

L'eau moyenne, en 1825, a été de 1m,14. Le zéro de l'échelle est toujours le point où descendirent les plus basses eaux de 1719.

Etat *des vents, à Paris, en* 1825.

Mois.	Nord.	Nord-E.	Est.	Sud-E.	Sud.	Sud-O.	Ouest.	Nord-O.
Janv.	13	2	1	0	4	6	4	1
Févr.	5	4	2	1	2	5	4	5
Mars.	11	5	2	5	1	4	0	3
Avril.	10	3	0	1	8	1	7	0
Mai.	5	2	3	0	10	4	4	3
Juin.	13	2	1	0	3	7	3	1
Juill.	21	3	2	0	1	0	1	3
Août	6	1	1	0	0	9	7	7
Sept.	3	1	2.	0	7	10	3	4
Oct.	4	0	0	2	9	3	12	1
Nov.	2	0	0	0	8	6	9	5
Déc.	0	1	4	5	8	5	6	2
Som.	93	24	18	14	61	60	60	35

ETAT *du ciel, à Paris, en* 1825.

Il y a eu, cette année, à Paris :
135 jours de pluie ;
22 jours de neige ;
5 jours de grêle ou grésil ;
51 jours de gelée ;
12 jours de tonnerre ;
Et 174 jours durant lesquels le ciel a été presque entièrement couvert.

TACHES SOLAIRES EN 1825.

Janvier. Pendant ce mois on n'a pas vu de taches sur le soleil.

Février. Le 5, à midi ; on aperçoit une belle tache noire près du centre. Le 7, la tache du 5 se voit encore ; il s'en est formé deux autres.

Le 9, à midi ; outre les trois taches du 7, on commence à en découvrir une quatrième près du bord oriental du disque solaire. Le 15, tout a disparu. Pendant le reste de ce mois le soleil n'a offert aucune tache noire sensible.

Mars. Le 4 ; on aperçoit dans la partie boréale du soleil un grand nombre de taches noires ; les principales sont entourées de pénombres. Le 9, à midi ; on les voit encore, mais elles vont atteindre le bord de l'astre. Du 14 au 17, on n'a rien découvert qui mérite d'être noté.

Le 28 et le 29, à midi; on découvre sur le bord supérieur du soleil quelques petites taches noires au milieu d'un grand nombre de brillantes facules.

Avril et mai. Point de taches.

Juin. Le 8; il y a sur le soleil deux taches noires entourées de pénombres; la plus grande emploie 3" de temps à traverser le fil horaire. Le 10; la partie obscure de la grande tache du 8 est partagée en trois segmens, presque égaux, par deux filets de lumière blancs très-déliés; la contour extérieur de la pénombre semble plus obscur que son centre. Le 11; les trois portions de la grande tache ont changé de forme : les filets lumineux qui les séparent sont plus larges; la pénombre unique qui les enveloppe n'a pas partout la même nuance; une traînée de facules se prolonge jusqu'au bord occidental du soleil; la petite tache s'est évanouie. Le 12; les filets lumineux ont acquis plus de largeur depuis hier. La pénombre, toujours assez étendue, ne se distingue plus du reste du disque que par une légère différence d'éclat. Quant aux facules, elles sont très-visibles vers le bord de l'astre. Le 13; toutes les taches ont disparu.

Le 15; il *s'est formé*, depuis le 13, deux groupes de taches vers le bord *occidental* du soleil. Le noyau de la plus voisine du centre emploie environ 1" de temps à traverser le fil horaire; sa pénombre est aussi très-étendue.

Le 16, les deux groupes se sont fort rapprochés du bord : on aperçoit maintenant près des taches, des facules très-brillantes. Le 17, à midi ; la grande tache est seule visible ; sa pénombre touche le bord. Le 18, tout a disparu.

Le 24, à midi ; on voit à l'orient du centre du soleil une grande tache noire. La pénombre qui l'entoure paraît sensiblement plus sombre à sa limite extérieure que dans ses points de contact avec le noyau ; elle emploie près de 2″ de temps à traverser le fil horaire ; dans sa partie orientale, une très-petite tache noire commence à se former.

Le 27, à midi ; la grande tache a déjà dépassé le centre ; la petite la touche maintenant et a ainsi allongé son diamètre horizontal. Deux nouveaux groupes viennent de se montrer au bord oriental du disque et au milieu de facules extrêmement prononcées.

Le 30 ; on voit toujours la tache du vendredi 24. Celles du 27 forment maintenant un groupe très-remarquable qui emploie plus de 3″ de temps à traverser le fil horaire. Une grande tache vient de se montrer près du bord oriental ; elle est suivie de beaucoup de brillantes facules.

Juillet. Le 1er, à midi ; on ne voit plus la tache du 24 juin : elle a disparu avant d'avoir atteint le bord du soleil. Le groupe observé le 27 pour la première fois, a changé de forme : on

y remarque aujourd'hui six grosses taches et un plus grand nombre de petites, disposées sur une ligne horizontale; elles emploient environ 4″ de temps à traverser le fil horaire. La grande tache d'hier se compose maintenant de quatre noyaux distincts entourés de pénombres fort apparentes.

Le 2, à midi; les six grosses taches qu'on remarquait hier dans le groupe du 27, sont très-petites; on y voit à peine des traces de pénombre. Les quatre taches suivantes ont aussi beaucoup diminué, tandis que sur le bord oriental de l'astre une belle tache noire vient de se montrer; le contour extérieur de sa pénombre, en apparence elliptique, est beaucoup plus foncé que le reste de sa surface. Entre la tache et le bord du soleil, on aperçoit de brillantes facules. Le 9, à midi; la tache d'hier est encore visible.

Le 13; on aperçoit sur le soleil une grosse tache noire entourée de taches semblables, mais de moindres dimensions. Le 21, à midi; le groupe d'hier est encore visible en totalité, mais il atteindra bientôt le bord occidental; la pénombre du noyau principal paraît sensiblement plus large vers le limbe que du côté opposé. Le 22, à midi; la rotation du soleil a entraîné le plus grand nombre des taches qu'on apercevait hier, dans l'hémisphère opposé à la terre; le 23, à midi; tout le groupe a disparu.

Ce même jour 23, à midi ; une grande tache et sa pénombre se montrent à une certaine distance du bord *oriental ;* de petites taches et des facules très-vives les accompagnent. Le 27, à midi ; ce groupe a atteint le centre du disque ; le principal noyau emploie environ 2" à traverser le fil horaire, ce qui prouve que son diamètre est à-peu-près double de celui de la terre.

Août. Le 1er, à midi ; la grande tache du 23 se voit encore vers le bord occidental.

Le 5 ; on aperçoit une nouvelle tache près du bord oriental.

Le 20, à midi ; il y a sur le soleil *trois* groupes distincts de belles taches : le premier, composé de deux forts noyaux entourés de pénombres, se trouve à peu de distance du bord occidental et au-dessus du diamètre horizontal ; le second, situé au contraire au-dessous de ce même diamètre et près de la verticale passant par le centre, offre aussi des pénombres sensibles ; le troisième enfin, très-voisin du bord oriental, présente deux grands noyaux et des pénombres visibles au premier coup-d'œil. Le 22, à midi ; le premier de ces groupes est près de disparaître sous le bord occidental. La forme du troisième a changé : il est précédé d'une longue traînée de petites taches dont on ne voyait aucune trace le 20. Le 26, à midi ; le second groupe, à son tour, est arrivé près du bord occidental ; le troisième se trouv

vers le centre ; la large pénombre qu'on y remarque a une teinte sensiblement plus obscure sur son contour extérieur que dans le voisinage du noyau. Le 27 ; le troisième groupe seul est visible ; les facules environnantes commencent déjà à se montrer. Le 31, à midi ; on aperçoit encore le dernier groupe, mais il touche presque le bord occidental du soleil.

Septembre. Le 4, à midi ; on découvre quelques petites taches entre le centre et le bord occidental du soleil. Le 9, à midi ; les taches du 4 sont encore visibles.

Le 17, à midi ; on voit une tache près du bord oriental ; la pénombre dont elle est entourée a plus de largeur du côté du bord que vers le centre ; dans les environs, on remarque beaucoup de brillantes facules.

Le 19, à midi ; un nouveau groupe de petites taches *s'est formé* entre le centre du disque solaire et son bord occidental. La grande tache du 17 a maintenant deux noyaux distincts compris dans la même pénombre. Le 21 ; l'une des taches de ce dernier groupe est *devenue* très-grande depuis avant-hier ; les deux noyaux de celle du 17 se sont séparés davantage.

Le 24, à midi ; un groupe nouveau, composé d'un grand nombre de petites taches, se voit dans la partie australe du soleil, entre le centre et le second bord. La tache à deux noyaux s'est affaiblie. Le 26 ; on n'aperçoit

plus la tache à deux noyaux. Le 29, le groupe du 24 est encore visible.

Octobre. Le 23, à midi, il y a trois belles taches sur le disque solaire ; la première a déjà dépassé le centre ; les autres sont moins avancées.

Novembre. On n'a point vu de taches.

Décembre. Le 11, à midi, on aperçoit une belle tache qui est presqu'en contact avec le bord oriental du soleil.

Le 20, il y a trois groupes de taches sur le disque solaire. Dans le plus voisin du bord occidental, on distingue principalement un noyau très-obscur entouré d'une large pénombre ; l'autre, situé près du centre, offre deux gros noyaux noirs ; le troisième, plus oriental, présente aussi deux noyaux obscurs, mais ils ont de petites dimensions. Le 24, on ne voit plus le premier groupe ; les deux autres s'aperçoivent encore, mais ils ont très-sensiblement changé de forme. Le 27, le groupe intermédiaire s'est évanoui avant d'atteindre le bord ; le troisième ne se compose plus que de deux petites taches très-voisines l'une de l'autre. Le 28, les deux petites taches d'hier se sont extrêmement affaiblies.

Des astronomes et des physiciens très-distingués ont avancé, quelque extraordinaire qu'on le puisse trouver au premier coup-d'œil, que l'apparition des taches

solaires est l'indice d'une abondante émission de lumière et de chaleur. Les observations thermométriques de l'année qui vient de s'écouler semblent confirmer cette opinion. On vient de voir, en effet, combien, en 1825, les taches solaires ont été nombreuses. Qu'on jette ensuite un coup-d'œil sur les tableaux météorologiques qui précèdent, et l'on trouvera, pour cette année, une température moyenne de plus d'un degré supérieure à celle de Paris. Remarquons, toutefois, qu'attendu la multiplicité et la grande variété des causes qui modifient les températures terrestres, des résultats isolés ne conduiront jamais à des conclusions générales et certaines. C'est en groupant, d'une manière convenable, de longues séries d'observations, qu'on pourra espérer d'apprécier l'influence immédiate des taches. Des tableaux analogues à ceux que nous venons de transcrire, fourniront un jour les vrais élémens de cette curieuse recherche, pourvu que l'on s'attache à les rendre complets. Cette considération engagera certainement les astronomes à indiquer désormais sur leurs registres, le nombre, la forme et les dimensions des taches dont le disque du soleil leur paraîtra journellement parsemé. Dans nos climats, sous un ciel aussi nébuleux, un seul observateur laisserait certainement quelques lacunes; mais il suffit que l'attention soit éveillée à cet égard, pour qu'on doive compter à l'avenir sur des résultats satisfaisans.

Supplémens *aux Catalogues des tremblemens de terre insérés dans les Résumés des diverses années depuis 1816 jusqu'en 1824.*

1816, le dernier lundi d'avril, à 2 heures du matin. *Ile Penang*. Secousse de longue durée. Des bâtimens en mer ressentirent la commotion à plus de 30 lieues de l'île.

1817, 28 janvier, 3 heures du matin. *Macao*. Plusieurs secousses violentes.

1817, 2 février........... *Madère*. Secousse violente. Elle fut également ressentie en mer, par des bâtimens qui étaient alors à plus de 200 lieues de cette île.

1817, 11 juillet..................... *Calcuta* et les environs. Secousses peu remarquables.

1817..... septembre............... *Madras*. Ce phénomène y est très-rare.

1817, 31 octobre........... *Ile Macquarie* (Nouvelle-Galles). Secousses violentes avec bruit souterrain. Ce phénomène se renouvela fréquemment durant le reste de l'année 1817 et jusqu'en avril 1818.

1818, 18 mars............... *Fort Malborough*, sur la côte occidentale de l'île de Sumatra. Secousse très-violente.

1823, 27 juillet, 11 heures 30 minutes. *En mer*, dans le voisinage de Tristan d'Acunha. Secousses ressenties par plusieurs navires.

1823, 26 novembre, 11 heures 50 minutes. *Calcuta*. Une secousse; bruit souterrain.

1823, 22 avril, 5 heures 30 minutes du matin. *Ile Penang*. Deux secousses.

1823, 3 octobre, à 1 heure du matin. *Martinique*. Deux fortes secousses.

1823, 30 novembre, 3 heures 30 minutes après midi. *Martinique*. Forte ondulation, précédée d'un bruit très-intense. Il avait fait dans la journée une chaleur étouffante. Un raz de marée eut lieu après la secousse et occasiona quelques accidens dans les ports. Une pluie très-abondante suivit aussi ce phénomène et dura pendant dix jours.

1824, 2 janvier, à midi 7 minutes. *Macao*. Légère secousse qui a duré 4 ou 5 secondes.

1824.......... *Manille*. Epouvantables secousses, après lesquelles on vit beaucoup de poissons morts à la surface du fleuve qui baigne la ville.

TREMBLEMENS *de terre en* 1825.

5 janvier, 9 heures du soir. *Preuschdorf* (canton de Woerth, arrodissement de Wissembourg). Légère secousse.

19 janvier, entre 11 heures et midi. *Sainte-Maure* et *Leucade* (îles Ioniennes). La ville de Sainte-Maure a été presque entièrement détruite. Beaucoup d'habitans ont péri. Une pluie abondante a succédé à la secousse, et a duré pendant plusieurs jours.

20 janvier.......... *Islande*. Fortes secousses. Quelque temps auparavant on avait éprouvé de violens ouragans et de désastreuses inonda-

tions. (Il y a eu des secousses de tremblement de terre en Islande, dans les *premiers* jours de janvier; mais j'ignore la date exacte.)

21 janvier, 11 heures $\frac{3}{4}$ du soir. *Marseille.* Deux légères secousses à 5 ou 6 secondes d'intervalle.

22 janvier, 1 heure après midi? *Marseille, Aix, etc.* Légère secousse.

2, 3, 4, 5 et 6 mars. *Alger* et presque toutes les villes dépendantes de cette Régence. Onze secousses extrêmement violentes. La première fut ressentie le 2, à 10 heures 42 minutes du matin. La ville de Blisa a été, dit-on, détruite presque entièrement. Si l'on en croyait diverses relations, près de quinze mille habitans auraient péri sous les ruines.

Peu d'heures avant le tremblement de terre, tous les puits, toutes les sources avaient tari. Personne n'ignore qu'en Sicile et dans le royaume de Naples, ce même phénomène précède ordinairement les éruptions de l'Etna et du Vésuve.

11 avril, vers 4 heures du soir. *Caracas.* Forte secousse.

2 juillet . . . . *Alger* et les environs. Très-fortes secousses.

20 septembre . . . . *Ile de la Trinidad.* Fortes secousses. Plusieurs maisons se sont écroulées.

19 novembre, dans la matinée. *Port-au-Prince.* Violentes secousses.

8 décembre, entre 10 et 11 heures du soir. *Genève.* Assez forte secousse.

23 décembre, vers 5 heures du matin. *Strasbourg.* Secousses sensibles.

GLOBES *de feu.*

Le 13 septembre 1824, le ciel étant serein, on aperçut à Pétersbourg, dans la direction du sud-ouest, un petit globe de feu, d'une teinte bleu clair, qui descendait vers le sol sous un angle d'environ 35°. La longue queue lumineuse dont le globe était suivi, avait aussi une teinte bleue. On n'entendit pas d'explosion.

(*Bull. univ.* Octobre 1825.)

Le 27 novembre, vers 5 heures 45 minutes du soir, M. Hallaschka observa à Prague un météore igné qui avait à-peu-près la grandeur de la pleine lune, et qui répandait de tous côtés une lumière blanche éclatante; les bords brillaient d'une lumière bleuâtre. Il resta visible 4 à 5 secondes; il se mouvait du sud-est au nord-ouest. Après la disparition du météore, il se montra de grandes lueurs, qui elles-mêmes disparurent au bout de quelques secondes.

(*Journal allemand* de M. Schumacher.)

L'*Antologie* de Florence donne aussi une description détaillée d'un phénomène de lumière observé par un ciel serein, le 2 janvier 1825, sur la route d'Arezzo. Il se mouvait de l'ouest à l'est avec beaucoup de rapidité ; il

effleura la cime de quelques peupliers ; il ne produisit ni détonation ni bruissement ; il ne laissa aucune odeur sur sa trace. On y distinguait un noyau et une queue très-épanouie. Les étincelles qui en jaillissaient se perdaient dans l'air.

Dans la nuit du 10 au 11 septembre 1825, vers les 9 heures et demie du soir, il parut, à Liancourt, département de l'Oise, un météore lumineux qui mérite d'être cité, tant à cause de son volume qu'à raison de sa forme. C'était un globe de feu, de figure elliptique, à-peu-près de la grosseur de la lune dans son plein. Il était suivi d'une traînée de lumière, et ressemblait conséquemment beaucoup à une comète accompagnée d'une longue queue. Il se dirigeait du nord-ouest au sud-est, et paraissait descendre sous un angle d'environ 35°. Après avoir rasé les appartemens du château, il alla se perdre dans la petite rivière qui traverse le parc.

Le ciel était pur et serein ; le météore avait une lumière argentée et éclatante ; il ne laissa à sa suite aucune odeur sensible.

(J'ai extrait les détails précédens d'une lettre que M. le duc de La Rochefoucauld a bien voulu m'écrire au sujet de ce météore.)

Le 14 novembre 1825, à 8 heures du soir, un météore lumineux très-brillant apparut dans l'atmosphère, à Leith, en Ecosse. Il se mouvait de l'*est* à l'*ouest* avec beaucoup de vitesse ; il parcourut, toujours dans la même direction, un arc d'environ 25°, et fit ensuite explosion au zénith, comme une fusée. La trace lumineuse que le

météore avait laissée dans l'atmosphère, était encore visible deux minutes après qu'il avait disparu.

(MM. Coldstream et Fogo.)

Le 1er décembre 1825, à 5 heures de l'après-midi, on aperçut à Berlin un globe de feu de la grosseur de la pleine lune. Sa lumière était terne et rougeâtre; il disparut sans laisser aucune trace et sans avoir changé de place.

Etoiles *filantes en plein jour*.

M. Hansteen rapporte que pendant qu'il observait la polaire, le 13 août 1825, à 11 heures un quart du matin, il vit passer dans le champ de sa lunette un point lumineux dont la lumière était plus vive que celle de l'étoile. Son mouvement apparent se faisait de bas en haut; il était lent et un tant soit peu sinueux. M. Hansteen pense que c'était une étoile filante.

M. Dick imagine que le phénomène observé par M. Hansteen était, non une étoile filante, mais quelque oiseau, placé à une grande distance, et dont la surface convexe réfléchissait la lumière solaire dans la direction de l'axe de sa lunette. Sans nier que la lumière réfléchie très-obliquement sur les plumes d'un oiseau ne puisse quelquefois produire un effet analogue à celui que M. Hansteen a décrit, je ne pense pas que l'explication doive être généralisée. En observant le soleil au cercle répétiteur, j'ai cent fois aperçu, même à travers le verre coloré adapté à l'oculaire, de larges points lumineux qui traversaient le champ de la lunette. Ils paraissaient

trop bien terminés pour qu'il ne fallût pas admettre qu'ils étaient loin ; ils soutendaient de trop grands angles pour qu'on pût imaginer que c'étaient des oiseaux. J'ai cru quelquefois reconnaître que ces points se montrent plus fréquemment, aux époques de l'année où d'immenses quantités des flocons de toiles d'araignée sont entraînées par les vents dans notre atmosphère. Au reste, ce phénomène mérite d'être étudié : pourquoi, en effet, n'y aurait-il pas des étoiles filantes de jour comme de nuit ? Qui pourrait affirmer, si ces météores naissent aux dernières limites de l'atmosphère, que la présence du soleil ne favorisera pas leur formation ? Je laisse au lecteur à décider s'il n'y a pas quelque analogie entre les phénomènes dont nous venons de parler, et celui dont je tire la description d'une lettre adressée au Président de l'Académie des Sciences, le 5 octobre 1820, par M. le Sous-Préfet d'Embrun.

« Le hasard a voulu me rendre spectateur d'un phé-
» nomène que je crois nouveau, et qui m'a paru inté-
» resser la physique et l'astronomie. Sous ce double
» rapport, il m'est v[illegible] dans la pensée de le porter à
» votre connaissance : voici, Monsieur le Président, le
» fait tel que je l'ai vu ; vous jugerez après si je ne me
» suis point fait illusion, et dans ce cas, je vous prie
» de regarder la présente comme non avenue, d'autant
» plus qu'il est bien loin de mon intention de m'afficher
» à propos de rien. Le 7 du mois dernier, sur environ
» une heure trois quarts du soir, après avoir, comme tout
» le monde, observé l'éclipse de soleil, il me prit envie
» d'aller me promener dans les champs. En traversant la
» ville, je vis d'abord sur l'une de ses places publiques

» un groupe assez nombreux d'individus de tout sexe et
» de tout âge, qui avaient les yeux fixés du côté du so-
» leil. Parmi ce groupe, je remarquai seulement un
» jeune étudiant en droit, nommé *Cézanne*; mais tout
» préoccupé encore de l'éclipse, je passai sans remar-
» quer que, dans la position où était ce jeune homme,
» ainsi que les personnes qui l'entouraient, il ne pou-
» vait pas apercevoir le soleil; ce qui me laissa dans la
» croyance que tout ce monde observait l'éclipse, comme
» je venais de le faire.

» Plus loin, je rencontrai un pareil groupe ayant éga-
» lement les yeux tournés vers le soleil; mais comme
» cette fois-ci je fis attention que les individus com-
» posant ce groupe étaient dans une rue et tout-à-fait à
» l'ombre, je compris qu'ils regardaient autre chose que
» l'occultation du soleil, et dès-lors il me vint dans
» l'idée de questionner le sieur Thommé, artiste vété-
» rinaire, qui en faisait partie, pour savoir de lui l'objet
» qui fixait ses regards. Il me répondit : nous regar-
» dons les étoiles qui se détachent du soleil. — Que
» dites-vous là? — Oui, Monsieur; mais voyez vous-
» même, ce sera plus court. — Je regardai et je vis en
» effet, non des étoiles, mais des globes de feu du dia-
» mètre des plus grosses étoiles, qui étaient projetés en
» divers sens de l'hémisphère supérieur du soleil avec
» une vitesse incalculable; et bien que cette vitesse de
» projection parût la même pour tous, tous néanmoins
» n'atteignaient pas la même distance.

» Ces globes étaient projetés à des intervalles inégaux
» et assez rapprochés. Souvent plusieurs l'étaient à la
» fois, mais toujours divergens entre eux : les uns par-

» couraient une ligne droite et s'éteignaient dans l'éloi-
» gnement; quelques-uns décrivaient une ligne para-
» bolique et s'éteignaient de même; d'autres enfin, après
» s'être éloignés à une certaine distance en ligne di-
» recte, rétrogradaient sur la même ligne, et semblaient
» rentrer encore lumineux dans le disque du soleil. Le
» fond de ce magnifique tableau était d'un bleu de
» ciel un peu rembruni.

» Voilà, Monsieur le Président, ce que j'ai vu et ce
» que j'atteste, en même temps qu'un très-grand nom-
» bre d'autres personnes de la ville, qui l'attesteraient
» au besoin; mais pour vous donner une idée plus pré-
» cise, ou plutôt pour rendre plus sensible à l'imagi-
» nation l'aspect de ce merveilleux phénomène, j'ai cru
» devoir le faire dessiner tel que je viens de le décrire,
» afin que, dans la supposition où jusqu'à présent il
» serait resté inaperçu, les astronomes et les physiciens
» puissent l'observer eux-mêmes avec toutes les précau-
» tions convenables, lors des plus prochaines éclipses
» de soleil. J'oubliais de dire qu'au moment de mon
» observation, j'étais placé à l'angle d'une maison qui
» m'empêchait de voir le soleil, et que mon rayon
» visuel, passant par l'arête du toit, aboutissait à un
» point peu éloigné du bord de l'astre. L'éclipse était
» alors sur son déclin.

» Vous comprendrez sans peine, Monsieur, quel a
» dû être mon étonnement à la vue de ce spectacle
» si majestueux, si imposant et si neuf pour moi : il
» me suffit de dire qu'il ne m'a plus été possible d'en
» détacher la vue qu'alors que j'ai cessé de le voir, ce
» qui est arrivé peu à peu, à mesure que l'éclipse dé-

» croissait, et que les rayons solaires ont eu repris leur
» éclat habituel. C'est aussi ce qui est arrivé aux personnes présentes; l'une desquelles a ajouté, au moment où je me suis séparé du groupe : « que le soleil lançait plus d'étoiles, alors qu'il était plus pâle. » (Ce sont ses expressions.)

» Revenu de l'étonnement où m'avait jeté cet admirable phénomène, j'ai voulu savoir des deux personnes marquantes que j'avais distinguées dans les deux groupes de spectateurs dont je viens de parler, par qui et comment elles en avaient eu connaissance. Le sieur Thommé m'a répondu qu'en sortant de son écurie, une femme du peuple lui avait crié : « Venez donc, M. Thommé, venez voir les flammes de feu qui sortent du soleil. » Qu'à cette invitation s'étant approché, il avait vu, pour la première fois de sa vie, ce qu'il m'avait mis dans le cas de voir moi-même; et le jeune Cézanne m'a dit que c'était des enfans de dix à douze ans qui, les premiers, s'en étaient aperçus; lesquels, émerveillés de la chose, avaient crié : « Venez voir, venez donc voir! » Et qu'ainsi s'était formé le groupe devant lequel j'avais passé peu de temps après : qu'il ne m'avait rien dit parce qu'il lui était venu dans la pensée que le phénomène qui excitait en ce moment son admiration, devait être connu de moi.

» J'ai l'honneur d'être, etc.

» Le Sous-Préfet d'Embrun,

» J.-H. Serres. »

« *P. S.* Depuis que cette lettre est écrite, j'ai su de » la bouche même de M. Fouré, ingénieur des Ponts

» et Chaussées de cette résidence, que ce fonctionnaire
» public a eu l'occasion d'observer comme moi le phé-
» nomène dont il s'agit, et il l'attestera si on l'exige. »

AÉROLITHES.

Il tomba des aérolithes, le 15 janvier 1824, entre neuf et dix heures du soir, dans la commune de Renalzo, à 21 milles de la ville de Cento, province de Ferrare. La chute fut précédée de l'apparition d'une vive lumière, de trois fortes explosions semblables à des coups de canon, d'un bruit analogue à des décharges de mousqueterie, et enfin d'un retentissement pareil à celui qui résulterait de l'entre-choc de plusieurs corps métalliques. Les pierres tombèrent en produisant dans l'atmosphère un fort sifflement. Malgré l'obscurité de la nuit, il fut possible de fixer la direction de leur chute. Le lendemain on en trouva plusieurs. Celle que possède l'abbé Ranzani pèse environ une livre et demie. On en donnera une description détaillée et l'analyse chimique dans les Journaux italiens.

(Je suis redevable de ces détails à M. le professeur Orioli de Bologne.)

Il est tombé, dans les environs de Zebrak (Bohême), le 14 octobre 1824, vers huit heures du matin, un aérolithe pesant quelques livres. On l'a trouvé brisé en deux morceaux, qui ont été transportés au Muséum national, à Prague. Comme un moment auparavant on avait entendu

des détonations et des sifflemens multipliés, il y a lieu de croire que plusieurs autres aérolithes auront été dispersés dans les campagnes voisines.

(*Journal* de M. Schumacher.)

Un aérolithe est tombé à *Nanjemoy*, en *Maryland* (Amérique du Nord), le 10 février 1825, entre midi et une heure. Le ciel était un peu vaporeux, le vent soufflait du S.-O. La chute du météore fut précédée d'une forte explosion à laquelle succéda un vif sifflement dans l'atmosphère. On ne trouva la pierre qu'une demi-heure après la chute, à vingt-trois pouces au-dessous de la surface du terrain; elle était encore chaude, et sentait fortement le soufre. Elle pesait seize livres et sept onces. On observait à sa surface une couche vitreuse, brune et très-dure; elle avait à l'intérieur une teinte d'ardoise claire, et une constitution terreuse. On apercevait çà et là, dans la masse principale, des globules de diverses grosseurs, fort durs, et de petites portions de pyrite d'un jaune brun.

(Ces détails sont tirés d'une Notice rédigée par M. Carver, et d'une lettre du capitaine Harrisson: ce dernier vit tomber la pierre.)

Le 5 juillet 1825, à deux heures après midi, il est tombé à *Torrecillas del Campo* une abondante pluie de pierres. Elles pesaient de *une once* à *une livre*. Les hommes et les animaux dans les champs en ont beaucoup souffert.

(*Gazette de Madrid* du 18 juillet.)

Aurores boréales en 1825.

Les aurores boréales ne s'aperçoivent plus guère maintenant sous la latitude de Paris. On sait cependant, depuis les voyages des capitaines Parry et Franklin, que dans les régions arctiques, il y en a, presque tous les soirs, des traces plus ou moins vives. On s'était donc trop hâté d'annoncer d'une manière absolue que ce phénomène est aujourd'hui beaucoup moins fréquent que par le passé : tout ce qu'on a le droit d'affirmer, c'est qu'il ne s'élève pas autant, et qu'il n'atteint que fort rarement les limites de notre horizon. Au reste, les zones, les arcs, les jets lumineux, dont les aurores boréales se composent, *alors même qu'ils ne sont pas visibles dans un lieu donné*, y exercent une influence manifeste sur la position de l'aiguille aimantée. Les journaux des deux célèbres navigateurs que je viens de nommer, comparés à nos registres d'observations magnétiques, ne laisseront pas à cet égard l'ombre d'un doute. Cette singulière connexion mérite certainement d'être étudiée sous toutes ses faces; mais il faudra peut-être des recherches assidues, continuées pendant un grand nombre d'années, avant qu'on puisse en saisir tous les détails. Aussi doit-on beaucoup s'applaudir de voir des observateurs exacts, MM. Coldstream et Foggo, placés à Leith en Ecosse, vers la limite que les aurores boréales ne dépassent presque plus, tenir une note exacte de tous ceux de ces phénomènes qui se montrent sur leur horizon. Les indications qui suivent ont été tirées des excellens résumés météorologiques que ces deux physiciens insèrent, à la fin de chaque trimestre, dans l'*Edinburgh philosophical Journal*.

Leith, 19 mars 1825. Le ciel était serein, le vent soufflait au sud avec force, lorsque, sur les 8 heures du soir, on aperçut vers le nord, à l'horizon, la lueur qui est le premier indice d'une aurore boréale. Cette lumière augmenta d'intensité jusqu'à 9 heures et demie; ensuite des jets ascendans très-intenses commencèrent subitement à se montrer; mais ils ne dépassèrent pas le 65ᵉ degré de hauteur. Leur teinte habituelle était blanche ou jaunâtre; on en voyait toutefois, par momens, de bleus et de verts. Un peu avant 10 heures, le phénomène devint encore plus intéressant : *un arc* formé d'une lumière blanche resplendissante prit naissance vers l'ouest, s'éleva graduellement, atteignit le zénith, le dépassa, et alla se terminer du côté de l'est. Au zénith, il avait une largeur d'environ 7°; mais à 5° ou 6° de hauteur, limites au-dessous desquelles on n'en voyait plus de traces, il se terminait presqu'en pointe. Cet arc fut stationnaire et parfaitement continu pendant une heure entière; on ne voyait à travers que les étoiles de première et de seconde grandeur; il se brisa en plusieurs parties avant de s'évanouir. Dès que l'arc eut disparu, les jets ascendans qui avaient cessé à l'instant de sa formation, recommencèrent à se montrer avec un vif éclat. A une heure après minuit, il n'y avait plus aucune trace du phénomène.

A *Paris*, le 19 mars dernier, de midi à 1 heure et demie, l'aiguille horizontale sortit subitement et à plusieurs reprises de sa position habituelle, de près de 5′. Ces mouvemens irréguliers me firent supposer que, le soir, il y aurait une aurore boréale; mais on n'en vit aucune trace, quoique le ciel fût parfaitement serein. A 6 et à 8 heures,

l'aiguille n'oscillait point ; elle n'était pas non plus sortie de ses limites ordinaires ; mais à 11 heures et demie (c'était, comme on a vu plus haut, l'instant où l'aurore avait acquis à Leith son *maximum* d'éclat), la déclinaison avait brusquement *diminué* de plus de 8'; et l'aiguille oscillait dans de grands arcs.

La marche de la même aiguille des variations diurnes, avec laquelle ont été faites les observations précédentes, montre qu'il a dû y avoir de fortes aurores boréales, les 30 et 31 mars et le 1er avril. Les nuages n'ont pas probablement permis à MM. Foggo et Coldstream de les observer ; mais peut-être le journal non encore publié de la dernière expédition du capitaine Parry, montrera-t-il que ma conjecture est fondée.

Le 17 août, à 10 heures du soir, MM. Coldstream et Foggo aperçurent de faibles traces d'une aurore boréale.

Je soupçonne que c'était *la fin d'une aurore boréale de jour* : je trouve en effet que le matin du 17, de 8 heures et demie à midi, la déclinaison fut constamment d'environ 5' *supérieure* à la moyenne du mois pour les mêmes heures, tandis que le soir, l'aiguille était revenue à sa position ordinaire.

Dans ce même mois d'août, la nuit du 21 ; la matinée du 22 ; la nuit du 26 ; celle, surtout, du 29, ont offert de fortes anomalies dans la marche de l'aiguille. Toutes ces nuits-là, le ciel était, je crois, couvert à *Leith*. Si, par un temps serein, des observateurs situés plus au nord, n'ont pas vu d'aurore boréale, par exemple, dans la nuit du 29 août, nous serons forcés d'admettre

qu'il existe d'autres causes, encore inconnues, qui exercent sur la marche de l'aiguille aimantée une influence considérable.

Le 10 septembre, très-belle aurore boréale vers les 10 heures du soir, à *Leith*.

A 10 heures, le 10 septembre, l'aiguille horizontale, à Paris, était à 10′ de sa position moyenne.

Le 7 octobre, dans la soirée. Aurore boréale peu remarquable. (L'observateur de Paris était absent.)

Leith, le 3 novembre. Aurore boréale à 11 heures du soir.

La pointe nord de l'aiguille des variations diurnes, à Paris, était, le 3 novembre à 10 heures du soir, de 9′ *à l'orient* de sa position moyenne.

Leith, le 4 novembre, dans la soirée. Jets de lumière très-vifs et très-nombreux; mais ils restèrent visibles pendant peu de minutes, et *ne furent ni précédés ni suivis* de la clarté diffuse voisine de l'horizon, qui accompagne ordinairement ce météore.

L'aiguille horizontale de l'Observatoire de Paris éprouva, le 4 novembre, des mouvemens brusques, assez considérables et fort irréguliers, depuis 9 heures du matin jusqu'à 2 heures de l'après-midi; le soir, elle était à peu près revenue à sa position moyenne. Les jets remarqués par les observateurs écossais étaient donc, suivant toute apparence, les dernières lueurs d'une aurore boréale de jour.

Leith, le 22 novembre. Très-belle aurore boréale, visible pendant 3 heures, malgré l'éclat que la lune répandait dans l'atmosphère. Les jets lumineux s'élevèrent jusqu'au zénith.

L'aiguille des variations diurnes commença à sortir de ses limites habituelles le 22 novembre, à 11 heures du soir. Le lendemain 23, à 8 heures du matin, son extrémité nord se trouvait à l'occident de sa position moyenne de plus de 3'. Le reste de la journée, sa marche fut très-irrégulière.

HALOS *solaires ou lunaires.*

MM. Coldstream et Foggo, de Leith en Ecosse, ont observé autour du soleil, le 8 juillet 1825, un phénomène lumineux d'une forme singulière : c'était un halo pour ainsi dire double. Il se composait *d'un cercle* qui soutendait un angle d'environ 45° et *d'une ellipse* tangente à ce cercle aux deux extrémités de son diamètre vertical. Le grand axe *horizontal* de l'ellipse avait environ 56° : dans ce sens, les deux courbes lumineuses étaient donc très-sensiblement séparées. A leurs *deux points de contact*, la lumière, beaucoup plus vive que partout ailleurs, offrait par momens l'apparence d'un parhélie. (*Edim. Phil. Journ.*, oct. 1825, p. 366.)

Le 17 février 1825, ces observateurs avaient déjà aperçu un halo double. Le centre de l'un des arcs coïncidait avec celui de l'astre; le diamètre leur sembla d'environ 45°. Le centre du second était de plusieurs degrés plus élevé, tandis que le diamètre paraissait seulement un tant soit peu plus petit. Le second arc coupait donc le pre-

mier en deux points, mais sans se prolonger dans l'*intérieur* de l'espace circulaire que celui-ci embrassait.

Quelques halos *paraissent* elliptiques : le sont-ils en réalité ? est-ce seulement une illusion ? L'ellipticité, à mon avis, est parfois beaucoup trop manifeste pour qu'on ait pu s'y méprendre. Mais puisqu'il existe des physiciens qui maintiennent encore que les halos sont toujours circulaires, je prendrai la liberté d'engager MM. Coldstream et Foggo à donner toute leur attention à cette circonstance du phénomène.

Les deux physiciens de *Leith* ont vu un *halo* lunaire de 90° de diamètre, le 29 octobre dernier; et un halo solaire sans couleurs sensibles, de 44° de diamètre, le 8 de novembre. MM. Foggo et Coldstream ajouteraient beaucoup à l'intérêt que leurs observations doivent inspirer, si, en indiquant le moyen qu'ils emploient pour déterminer les diamètres des halos, ils faisaient en même temps connaître le degré de précision dont ils le croient susceptible.

Les halos ordinaires naissent trop fréquemment dans l'atmosphère pour qu'il soit utile de présenter ici l'énumération de ceux qu'on a aperçus à Paris en 1825. Ajoutons que les circonstances *générales* de leur formation sont parfaitement connues et expliquées. Des mesures très-exactes des divers diamètres peuvent seules maintenant avoir quelque intérêt pour le physicien, à moins toutefois que le phénomène ne se fasse remar-

quer par une forme ou par une intensité inusitées. C'est à ce dernier titre que je rapporterai ici, en terminant, une observation que M. Edouard de Saint-Cricq a faite à Creil (département de l'Oise). Le 20 novembre dernier, vers les onze heures et demie du soir, l'intensité d'un halo lunaire était assez vive pour qu'on pût discerner les couleurs prismatiques et noter l'ordre dans lequel elles se succédaient : cependant *le ciel était très-étoilé.*

SUR *la Disposition singulière qu'affecte quelquefois la lumière atmosphérique au lever ou au coucher du soleil.*

Tout le monde a remarqué l'apparente *divergence* des rayons lumineux qui partent du soleil, quand il est couvert par des vapeurs ou par des nuages. On a moins souvent l'occasion de voir que dans quelques dispositions de l'atmosphère, ces rayons prolongés *convergent* vers la région diamétralement opposée au soleil, en sorte que leur point de réunion se trouve tout autant abaissé au-dessous de l'horizon que l'astre est au-dessus. Smith s'est occupé de ce phénomène dans son optique, et en donne une explication très-satisfaisante à laquelle tous les physiciens ont adhéré.

M. Brewster rapporte, dans l'*Edimb. Journal of Science* de cette année, qu'il a aussi aperçu cette convergence apparente des rayons solaires, le 9 octobre 1824, en allant de Melrose à Edimburgh ; la description qu'il en donne me semble très-exacte ; mais ce célèbre physicien se trompe, je crois, quand il ajoute : « *ce phénomène est*

extrêmement rare. » Pour nos climats, du moins, cette assertion manquerait de vérité. Pendant un séjour de deux mois à la petite île de Formentera, j'ai vu moi-même, une vingtaine de fois, tant le matin que le soir, la convergence que Smith a signalée et expliquée le premier.

TRANSPORT *de poussières à de grandes distances par le vent.*

Le 19 janvier 1825, dans la nuit, le vaisseau anglais *le Clyde* faisait route du sud au nord, en face de la partie de la côte d'Afrique comprise entre la rivière Gambie et le cap Vert, mais à une distance de cette côte qui surpassait 280 lieues; le matin, tout l'équipage fut fort surpris de trouver que les voiles étaient couvertes d'un sable de couleur brune et composé de parties très-fines. Le vent avait soufflé avec assez de force, la nuit précédente, dans les directions comprises entre le N.-E. et l'E. (Le journal anglais auquel nous empruntons ce fait ne dit pas si le sable a été recueilli et analysé chimiquement.)

Voici quelques détails relatifs à un phénomène analogue; ils m'ont été communiqués par M. Schabelski, voyageur russe extrêmement distingué :

« Lorsque le bâtiment se trouvait par 23° de latitude » nord et 21° 20′ de long. ouest de Greenwich, nous » fûmes témoins d'un phénomène très-remarquable : le » matin du 22 janvier 1822 (nous étions alors à 275 mil- » les nautiques des côtes de l'Afrique), nous aperçûmes » que tous les cordages du navire étaient couverts d'une

» matière pulvérulente, dont la couleur rougeâtre ap-
» prochait de celle de l'ocre. Ces cordages, vus au mi-
» croscope, offraient de longues files de globules qui
» semblaient se toucher. Les seules parties qui avaient
» été exposées à l'action du vent de nord-est présen-
» taient ce phénomène ; il n'y avait aucune trace de
» poussière sur les faces opposées.

» La poussière en question était très-douce au tou-
» cher et colorait la peau en rouge. »

GRÊLE *extraordinaire.*

Le professeur John, de Berlin, a communiqué à M. de Férussac l'extrait suivant d'une lettre qui lui a été écrite, en date du 16 septembre 1824, par le Dr Eversmann.

« Quelques jours avant notre arrivée à Sterlitamak
» (à plus de 100 werstes d'Orenbourg), il s'éleva une
» tempête mêlée de grêle très-remarquable. Les grêlons,
» assez forts, *renfermaient un noyau pierreux et cris-*
» *tallisé*. On en a envoyé une trentaine à notre gou-
» verneur, et moi-même j'en ai reçu deux échantillons.
» Ils sont d'une couleur brune, comme les pyrites au-
» rifères de Beresowsky en Sibérie. Leur surface est
» ridée (ratatinée) et éclatante. Le cristal forme un
» octaèdre aplati dont les arêtes sont saillantes ou en
» forme de bordure. Les deux diagonales de la base ont
» 5 lignes sur 4, et la distance des sommets est de
» 2 lignes. Quelquefois les quatre angles de la base
» sont tronqués. Il semble que les parties constituantes
» de ces cristaux sont du soufre et des métaux. Cepen-

» dant il n'en existe pas encore une analyse. *Peut-être*
» que j'aurai l'occasion de la faire. »

Une chose me paraît tout aussi singulière que le phénomène dont on vient de lire la relation : c'est que M. Eversmann n'ait pas jugé nécessaire d'indiquer comment il s'est assuré de sa réalité. Par qui les grêlons ont-ils été ramassés ? Ceux dont on a extrait les cristaux, étaient-ils par hasard formés de plusieurs grains soudés ensemble ? Serait-il, dans ce cas, extraordinaire, qu'on trouvât entre eux de petits fragmens du gravier sur lequel ils étaient tombés ? Puisque M. Eversmann ne doute pas que les petits cristaux solides qu'on lui a remis ne se soient trouvés au centre des grêlons, j'ai peine à expliquer comment il se hâte si peu de faire cette analyse chimique qu'il nous donnera *peut-être*.

DÉTONATIONS *extraordinaires dans l'île de Méléda.*

L'île de Méléda est située dans la mer Adriatique, à peu de distance de Raguse. Sa longueur, dirigée de l'est à l'ouest, est de 20 milles; elle n'a pas plus de 3 milles dans sa plus grande largeur. Au milieu de l'île est le vallon de Babinopoglie et un village qui en prend le nom; les montagnes environnantes sont assez élevées.

Le 20 mars 1822, vers les cinq heures du matin, on entendit à Babinopoglie, pour la première fois, des détonations semblables à des coups de canon; elles occasionèrent un grand tremblement dans les portes et dans les fenêtres du village, quoiqu'elles parussent venir de

loin. A partir de cette époque, le phénomène se renouvela chaque jour, jusqu'à quarante, cinquante et même deux cents fois. Les coups avaient d'autant plus de force qu'ils étaient plus fréquens. C'est au mois d'août 1823 que les plus violens se firent entendre; il y avait alors plus de quatre mois qu'il n'était tombé de pluie, ni à Méléda, ni à Raguse, ni dans les provinces environnantes. Ces bruits singuliers paraissaient d'ailleurs n'avoir aucun rapport ni avec les circonstances atmosphériques, ni avec l'état de la mer; ils se manifestaient tantôt de jour et tantôt la nuit. Aucun phénomène lumineux, aucun tremblement de terre proprement dit ne les accompagna.

Dès l'origine, le *Pretore* de l'île, M. Carlo de Natali, avait aposté des personnes sur les hauteurs, dans la vue de découvrir d'où partait les détonations; mais les divers rapports se trouvèrent souvent en contradiction manifeste. Les observateurs crurent quelquefois avoir entendu les coups dans l'atmosphère, au-dessus de leurs têtes.

Le Prêteur descendit lui-même dans quelques cavernes souterraines qui existent dans l'île; tout y était dans un silence absolu. A mesure qu'on s'éloignait de Babinopoglie, le bruit perdait rapidement de son intensité.

Les détonations commencèrent, comme nous l'avons dit plus haut, le 20 mars 1822. Durant une trentaine de jours, à partir du 10 juillet, on n'entendit rien; mais le 10 août, une explosion subite et extrêmement sonore remplit tous les habitans de terreur. Il est remarquable que ce soit précisément le 10 août 1822 (n'est-ce pas le 13?) que la ville d'Alep ait été renversée de fond en comble par

un tremblement de terre. Le 17 du même mois, tous les bruits cessèrent de nouveau; ils se renouvelèrent ensuite à plusieurs reprises jusqu'en février 1824. Alors il y eut un silence qui dura sept mois. Les détonations recommencèrent en septembre, et ont continué, mais en s'affaiblissant, jusqu'au milieu de mars 1825.

On a entendu quelquefois en Amérique des détonations analogues à celles de l'île de Méléda; mais elles n'ont eu, en général, qu'une très-courte durée.

Le docteur Stulli de Raguse, à qui nous avons emprunté les détails qui précèdent, rapporte, dans la lettre manuscrite dont sa brochure est accompagnée, les explications diverses qu'on a données en Italie du phénomène de Méléda. Suivant les uns, le bruit était le résultat de la chute de gros blocs de pierre qui se détachaient des voûtes de quelques cavernes souterraines; d'autres imaginent qu'il faut en chercher l'origine dans des mouvemens subits de la mer vers ces mêmes cavernes, etc.

Ces hypothèses sont très-faciles à réfuter, et le docteur Stulli l'a fait avec succès; mais lui-même n'est guère plus heureux dans ses conjectures, lorsqu'il suppose que la détonation résulte du dégagement de bulles de gaz, immenses, élaborées au fond de la mer, et qui, en arrivant à sa surface, se combinent chimiquement avec l'un des deux élémens de l'air atmosphérique. La bulle, en effet, pour me borner à une seule objection, ne s'échapperait pas de la masse liquide, sans y produire des oscillations considérables que personne n'a remarquées à Méléda.

La brochure du docteur Stulli est terminée par une relation inédite du tremblement de terre qui détruisit

entièrement la ville de Raguse, le 6 avril 1667. J'y trouve qu'à cette époque, *on entendait continuellement au loin, en pleine mer, des détonations presque aussi fortes que celles du tonnerre ou de gros canons; mais qu'on ne put pas découvrir d'où elles provenaient.*

NOUVEAUX VOLCANS.

Un Journal annonce qu'en janvier 1825, on a vu sortir d'une des sommités neigeuses de l'Himalaya, d'épaisses colonnes de fumée.

Je trouve dans un autre Journal, qu'un volcan a fait aussi éruption, en 1825, dans le comté d'Essex, état de New-Yorck, à 4 milles du lac George; que le phénomène s'annonça d'abord par un grand bruit; qu'une épaisse fumée sortit du sommet d'une montagne; qu'une grande quantité de pierres ponces et d'autres matières minérales furent ensuite projetées plus ou moins loin; qu'au bout d'un petit nombre de jours, cette éruption cessa entièrement; et que le cratère dont elle a occasioné la formation, a 120 pieds de circonférence et 100 pieds de profondeur.

Si la relation qui me fournit ces détails n'était pas controuvée, on aurait lieu de s'étonner que les savans américains se fussent si peu occupés d'un phénomène aussi remarquable.

TUBE *vitreux produit par la foudre.*

J'ai inséré dans divers N^{os} des *Annales*, des extraits empruntés aux Journaux allemands, et destinés à mon-

trer que la foudre, quand elle tombe sur des plages sablonneuses, donne quelquefois naissance à des tubes dont l'intérieur *est complètement vitrifié*. Je trouve, dans le catalogue d'une vente qui doit se faire à Dresde, qu'un de ces tubes, déterré et conservé par le Dr Fiedler, *n'a pas moins de 22 pieds de long*. J'ai pensé devoir consigner ici cette dimension extraordinaire, pour montrer combien les effets de nos plus fortes batteries sont éloignés de ceux de l'électricité atmosphérique.

MOUVEMENT *de la population de la ville de Paris, pendant l'année* 1824, *fourni par la Préfecture du Département.*

NAISSANCES	à domicile	en mariage...	garçons	9333	18245
			filles	8912	
		hors mariage..	garçons	2534	5205
			filles	2671	
	aux hôpit.	en mariage...	garçons	181	346
			filles	165	
		hors mariage..	garçons	2599	5016
			filles	2417	
				TOTAL.....	28812

NAISSANCES	des garçons...	14,647
	des filles.....	14,165
		28,812

Enfans naturels.	reconnus, compris dans les naissances ci-dessus.	masc.	1169	2378
		fémin.	1209	
	abandonnés . . .	masc.	3964	7843
		fémin.	3879	
			Total.....	10221.

Décès	à domicile.....	masc.	6699	13961
		fémin.	7262	
	aux hôpitaux . . .	masc.	3865	7796
		fémin.	3931	
	militaires	masc.	573	573
		fémin.	0	
	dans les prisons...	masc.	13	27
		fémin.	14	
	déposés à la morgue	masc.	202	260
		fémin.	58	
			Total.....	22617.

Mariages,	Garçons et filles . . .	6311	7,620
	garçons et veuves. . .	363	
	veufs et filles	716	
	veufs et veuves	230	

Enfans morts nés	masculins	810	1,487
	féminins	677	

Décès par suite de la petite-vérole en 1824.

AGES DE LA NAISSANCE.	MASCUL.	FÉMIN.	TOTAL.
De 0 à 6 mois . . .	1	3	4
De 6 mois à 1 an. .	5	2	7
D'un à 2 ans . . .	14	15	29
De 2 à 3 ans . . .	23	22	45
De 3 à 4 ans . . .	15	15	30
De 4 à 5 ans . . .	15	13	28
De 5 à 6 ans.. . .	13	8	21
De 6 à 7 ans. . .	12	5	17
De 7 à 8 ans . . .	11	5	16
De 8 à 9 ans . . .	6	4	10
De 9 à 10 ans. . .	4	2	6
De 10 à 11 ans. . .	1	»	1
De 11 à 12 ans. . .	1	»	1
De 12 à 13 ans. . .	3	1	4
De 13 à 14 ans. . .	2	1	3
De 14 à 15 ans. . .	»	1	1
De 15 à 16 ans. . .	2	4	6
De 16 à 17 ans. . .	1	»	1
De 17 à 18 ans. . .	2	1	3
De 18 à 19 ans. . .	»	1	1
De 19 à 20 ans. . .	1	»	1
De 20 à 25 ans. . .	13	5	18
De 25 à 30 ans. . .	4	3	7
De 30 à 35 ans. . .	2	2	4
De 35 à 41 ans. . .	»	1	1
TOTAL. . .	151	114	265

N. B. Les décès pour cause de petite-vérole sont compris dans les décès précédens.

Decès par âges à Paris, en 1823.

MASCULINS.		FÉMININS.		TOTAL.
De la naissance à 3 mois	1,764	*Idem*...	1,444	3,208
De 3 à 6 mois......	247	*Idem*...	217	464
De 6 mois à 1 an...	446	*Idem*...	430	876
Dans la 1re année....	2457	*Idem*...	2091	4,548
D'un an à 2 ans.....	790	*Idem*...	812	1602
De 2 à 3 ans......	460	*Idem*...	501	961
De 3 à 4 ans......	313	*Idem*...	333	646
De 4 à 5 ans......	231	*Idem*...	214	445
De 5 à 6 ans......	170	*Idem*...	155	325
De 6 à 7 ans......	118	*Idem*...	136	254
De 7 à 8 ans......	83	*Idem*...	79	162
De 8 à 9 ans......	69	*Idem*...	74	143
De 9 à 10 ans.....	41	*Idem*...	51	92
De 10 à 15 ans.....	205	*Idem*...	228	433
De 15 à 20 ans.....	471	*Idem*...	364	835
De 20 à 25 ans.....	869	*Idem*...	635	1,504
De 25 à 30 ans.....	512	*Idem*...	595	1,107
De 30 à 35 ans.....	313	*Idem*...	478	791
De 35 à 40 ans.....	382	*Idem*...	445	827
De 40 à 45 ans.....	377	*Idem*...	420	797
De 45 à 50 ans.....	415	*Idem*...	502	917
De 50 à 55 ans.....	447	*Idem*...	483	930
De 55 à 60 ans.....	628	*Idem*...	513	1,141
De 60 à 65 ans.....	613	*Idem*...	607	1,220
De 65 à 70 ans.....	702	*Idem*...	719	1,421
De 70 à 75 ans.....	613	*Idem*...	752	1,365
De 75 à 80 ans.....	362	*Idem*...	666	1,028
De 80 à 85 ans.....	167	*Idem*...	361	528
De 85 à 90 ans.....	89	*Idem*...	155	244
De 90 à 95 ans.....	13	*Idem*...	43	56
De 95 à 100 ans....	3	*Idem*...	7	10
Centenaire à 112 ans.	»	*Idem*...	1	1
Total.......	11,913	Total...	12,420	24,333

Consommation de l'année 1824 dans la ville de Paris.

Boissons.	Vins	hectolitres.	967,465
	Eaux-de-vie	*id.*	53.314
	Cidre et Poiré	*id.*	12,023
	Vinaigre	*id.*	19,383
	Bière	*id.*	154,405
	Raisins	½ kilogram.	2,344,360
Comestibles (1).	Bœufs	têtes.	79,627
	Vaches	*id.*	10,941
	Veaux	*id.*	76,811
	Moutons	*id.*	383,807
	Porcs et Sangliers	*id.*	89,110
	Viande à la main	kilogr.	1,397,452
	Abats et Issues	*id.*	714,069
	Fromages secs	*id.*	1,451,032
	Marée { montant de la vente sur les marchés, en francs }		4,110,008
	Huîtres	francs.	1,013,608
	Poissons d'eau douce	*id.*	633,082
	Volailles et Gibiers	*id.*	8,701,510
	Beurre	*id.*	4,573,061
	Œufs	*id.*	4,230,942
Fourr. et grains.	Foin	bottes.	9,231,590
	Paille	*id.*	15,077,840
	Avoine	hectolitres.	1,181,007

(1) Les grains et farines vendus à la Halle ne figurent pas dans ce tableau, attendu que ces ventes ne donneraient pas la consommation réelle de la ville, évaluée à 1500 sacs du poids de 159 kilogrammes par jour, en temps ordinaire.

Lorsque le prix du pain est plus élevé hors de Paris que dans son enceinte, les dehors n'y apportant pas et en tirant, au contraire, la consommation journalière n'a plus de règle; elle est de 1700 sacs et au-delà.

ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 7 novembre 1825.

L'ACADÉMIE reçoit une lettre de M. de Grégori sur la propagation de la vaccine en Piémont; une Note de M. D'Hombres-Firmas sur un abaissement extraordinaire du baromètre observé en octobre dernier; un Mémoire *relatif à l'Anatomie*, par M. Rouze; et des Réflexions de M. Candiloro de Palerme, sur les moyens les plus prompts et les plus sûrs pour extraire la pierre de la vessie.

M. Dupuytren lit la deuxième partie de son Rapport sur les Mémoires *relatifs à la Fièvre jaune.*

M. de Férussac présente le Tableau méthodique de la classe des céphalopodes, par M. d'Orbigny fils.

Séance du lundi 14 novembre.

Voici les titres des pièces manuscrites présentées à l'Académie dans cette séance :

Mémoire *sur la Perspective aérienne*, par M. Laurens; sur l'*Impossibilité de quelques équations indéterminées* du 5e degré, par M. le Jeune D'Irichlet; Mémoire *concernant mes droits à la priorité pour la découverte des moyens lithontripteurs*, par M. Amussat; Projet de sonde, par M. Rœstrentroet.

L'Académie nomme M. Duméril candidat à la chaire de zoologie, actuellement vacante au Jardin-du-Roi.

M. Magendie présente, de la part de M. Hulkens, horloger de Philadelphie, un instrument propre à exécuter des opérations analogues à celles de MM. Amussat, Civiale, etc.

M. Blanc de Grenoble avait présenté au Roi un mécanisme qui depuis a été soumis au jugement de l'Académie. Il résulte d'un rapport fait aujourd'hui par M. Girard, que M. Blanc s'était fait illusion sur le mérite de son appareil.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire fait le rapport le plus favorable sur le nouvel ouvrage de M. Serres, *concernant les Monstruosités animales.*

M. Duméril rend un compte verbal de l'ouvrage de M. de Blainville *sur l'Anatomie comparée.*

M. de Labillardière fait un rapport *sur l'Histoire des Plantes de l'Europe* de M. Poiret.

Séance du lundi 21 novembre.

M. Arago dépose un Mémoire de M. Libri, *concernant la Théorie analytique de la chaleur.*

On procède à l'élection d'un membre pour remplir la place vacante par la mort de M. de Lacépède. M. de Blainville obtient la majorité des suffrages au 3e tour de scrutin.

M. Dupuytren donne lecture de la 3e et dernière partie de son rapport *sur la Fièvre jaune.* Des éloges sont accordés à MM. Lassis, Costa et Lasserre.

Séance du lundi 28 novembre.

M. Garnier de Treffort adresse des échantillons d'une huile qu'il a extraite d'un fruit nommé *lavignon.*

M. Duméril rend un compte verbal du *Traité d'Anatomie chirurgicale* de M. Velpeau.

M. Damoiseau fait un rapport verbal *sur les Observations astronomiques* de M. Litrow.

M. Poisson lit le Mémoire dont nous avons donné l'extrait dans le précédent Cahier.

M. Laplace demande que l'Académie fasse constater par des expériences exactes, 1° l'état actuel du magnétisme terrestre; 2° la pression et la composition de l'atmosphère; 3° la chaleur du globe à différentes profondeurs. Une Commission composée de MM. Laplace, Arago, Poisson, Gay-Lussac, Thenard et Dulong est préalablement chargée de rédiger le programme des expériences.

Le Président annonce que le Roi, informé par MM. Portal et Dupuytren du fâcheux état dans lequel se trouve M. Savigny, lui a accordé, sur sa cassette, une pension de 1200 francs.

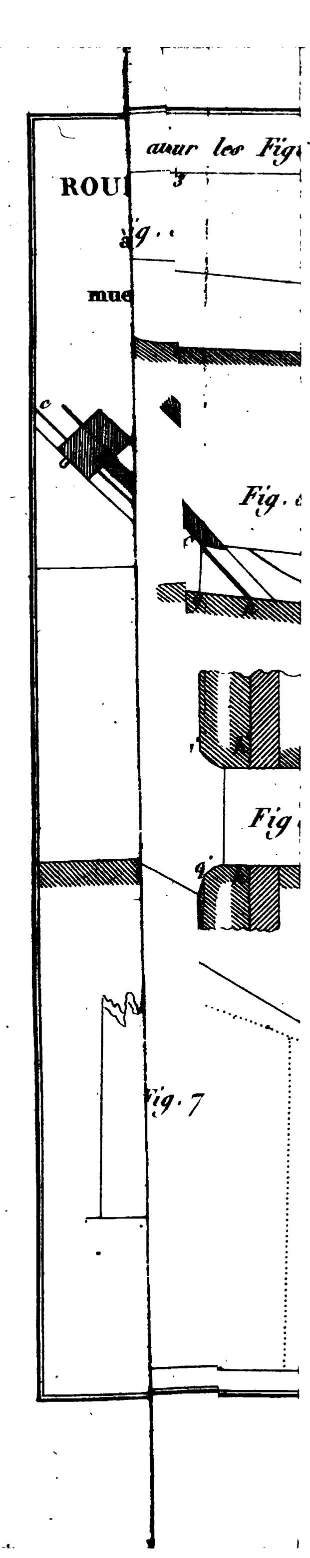
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Décembre* 1825.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	748,33	+ 1,2	99	747,04	+ 2,7	97	746,07	+ 3,5	96	742,48	+ 4,1	96	+ 4,1	+ 1,0	Couvert, brouillard.	E. N. E.
2	738,50	+10,0	97	738,58	+12,1	97	738,65	+11,3	93	739,97	+10,0	96	+12,1	+ 9,5	Quelques éclaircies.	S. S. O.
3	743,27	+10,2	91	743,92	+10,4	89	742,38	+ 9,7	97	738,84	+10,4	98	+10,5	+ 9,2	Pluie, brouillard.	S. O
4	737,60	+ 9,8	97	738,68	+10,3	97	739,90	+10,5	96	742,60	+ 9,3	98	+10,5	+ 9,3	Couvert, brouillard.	S. S. O.
5	742,80	+ 8,1	98	742,58	+10,8	96	741,90	+11,5	96	744,20	+ 7,2	99	+11,5	+ 7,2	Couvert, brouillard.	S. E.
6	745,35	+ 6,3	97	743,90	+10,1	97	743,13	+10,8	97	740,85	+ 8,0	98	+10,8	+ 6,0	Quelques éclaircies.	E.
7	738,90	+10,2	80	738,27	+15,0	53	737,54	+15,6	56	738,45	+ 9,5	84	+15,6	+ 9,5	Couvert.	S E.
8	738,83	+ 6,1	96	739,10	+ 8,9	91	738,44	+ 9,1	95	738,66	+ 6,3	94	+ 9,1	+ 5,8	Nuageux, brouill.	S. S. O.
9	741,80	+ 4,5	97	741,90	+ 7,5	97	742,40	+ 9,0	98	744,70	+ 7,5	98	+ 9,0	+ 5,0	Couvert, brouillard	E. N. E.
10	748,70	+ 7,3	98	749,40	+ 8,5	98	749,94	+ 9,0	98	751,16	+ 8,0	98	+ 9,0	+ 7,0	Couv., brouil. épais.	S. O
11	753,07	+ 4,1	98	753,00	+ 8,4	98	753,00	+ 8,5	98	753,10	+ 8,0	98	+ 8,9	+ 4,1	Nuageux, brouill.	O. S. O.
12	754,17	+ 4,8		754,10	+ 7,5		753,48	+ 7,3		753,92	+ 6,9		+ 7,5	+ 4,5	Couvert, brouillard.	E. S. E.
13	754,94	+ 5,8		754,62	+ 9,0		754,23	+ 7,5		753,32	+ 4,0		+ 9,0	+ 4,0	Quelques éclaircies.	S. E.
14	751,00	+ 5,6		749,67	+ 6,5		747,80	+ 6,8		745,00	+ 7,0		+ 7,3	+ 5,6	Couvert, brouillard,	S.
15	750,03	+ 4,7		752,45	+ 7,2		754,02	+ 7,2		756,48	+ 5,9		+ 7,3	+ 4,5	Nuageux.	S. O.
16	756,38	+10,3		757,00	+12,6		757,24	+12,4		758,12	+12,4		+12,6	+ 9,5	Couvert.	S. O.
17	757,30	+11,8		757,17	+12,8		756,40	+12,6		756,38	+12,1		+13,0	+11,5	Couvert, brouillard.	S. S. O.
18	754,70	+10,3		754,10	+11,0		752,84	+10,3		751,05	+ 8,3		+11,0	+ 8,3	Quelques éclaircies.	S.
19	746,18	+ 9,2		745,54	+11,0		745,90	+ 9,7		747,56	+ 5,7		+11,0	+ 5,8	Couvert.	S.
20	745,94	+ 4,8		744,56	+10,3		743,78	+10,8		743,27	+ 8,5		+10,8	+ 4,3	Beau, brouillard.	E. S E.
21	745,02	+10,2		745,62	+11,7		745,40	+11,2		744,82	+10,7		+11,8	+ 9,7	Pluie, brouillard.	S.
22	747,72	+ 8,5		747,72	+ 9,2		747,40	+ 8,3		743,64	+ 7,3		+ 9,3	+ 7,3	Pluie fine, brouill.	S. S. O.
23	755,55	+ 7,0		756,48	+10,0		756,70	+ 8,5		755,78	+ 4,2		+10,0	+ 4,3	Nuageux.	O. S. O.
24	758,64	+ 4,6		759,65	+ 7,2		750,96	+ 7,8		762,08	+ 2,3		+ 7,8	+ 0,8	Nuageux.	O. N. O.
25	760,06	+ 4,5		757,53	+ 7,0		754,02	+ 6,7		755,77	+ 5,7		+ 7,0	+ 4,5	Couvert, brouillard.	S.
26	758,65	+ 3,3		757,15	+ 5,3		754,56	+ 5,3		750,26	+ 3,5		+ 5,5	+ 2,2	Couvert, brouillard.	O. S. O.
27	753,30	+ 0,5		752,95	+ 2,5		752,96	+ 3,2		751,84	— 2,0		+ 3,3	— 2,0	Pet. nuages à l'horiz.	N. O.
28	750,43	— 2,3		749,60	+ 0,1		749,12	+ 0,5		748,47	+ 3,8		+ 1,5	— 3,8	Nuageux. brouill.	O.
29	747,14	— 2,0		746,06	— 0,5		745,85	— 0,5		743,59	— 1,2		— 0,5	— 3,8	Couvert, brouillard.	N. E.
30	746,03	— 1,3		747,43	+ 0,1		748,80	+ 0,8		730,08	— 0,8		+ 0,8	— 1,8	Couvert, brouillard.	O.
31	754,00	— 7,2		754,30	— 1,8		755,02	— 2,7		755,18	— 1,5		— 1,5	— 8,0	Couvert, brouillard.	S S. E
1	742,41	+ 7,4	95	742,34	+ 9,6	91	742,03	+10,0	92	742,19	+ 8,0	96	+10,2	+ 7,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	752,37	+ 7,1		752,22	+ 9,6		751,87	+ 9,3		751,82	+ 7,9		+ 9,8	+ 6,2	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 3,785
3	752,41	+ 2,3		752,23	+ 4,6		751,89	+ 4,4		751,14	+ 2,9		+ 5,0	+ 0,9	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 3,280
	749,17	+ 5,5		749,01	+ 7,8		748,70	+ 7,8		748,60	+ 6,2		+ 8,2	+ 4,5	Moyennes du mois, + 6°,4.	

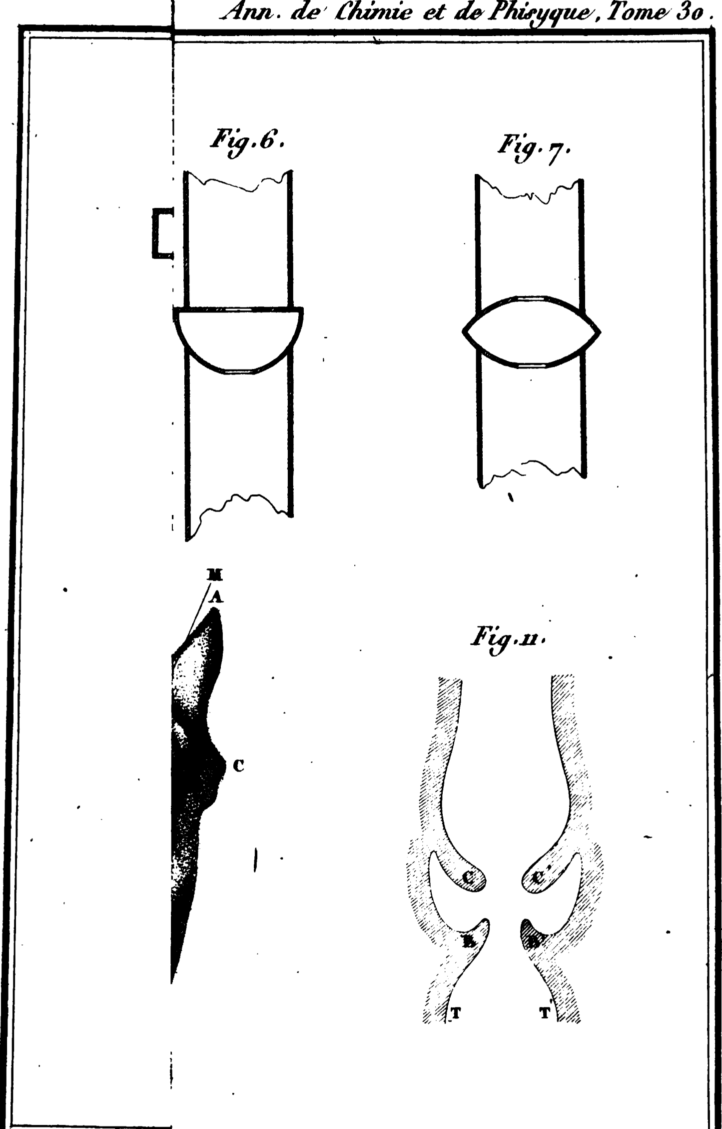
TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU TRENTIÈME VOLUME.



avoir les Fig
ROU
mue
Fig.
Fig
Fig. 7



Gravé par Adam.